

La Estación de Ionósfera

Recuerdo de la inauguración de la Estación de Ionósfera del Instituto de Física de la Universidad de Concepción, en su vigésimo aniversario (1957-1977).

Dr. LEOPOLDO MUZZIOLI ADANI

En el año 1957, con motivo de la celebración del “Año Geofísico Internacional”, se debían realizar en todo el mundo, en forma muy intensa y organizada, investigaciones y estudios relacionados con la “geofísica” en general.

En aquel entonces yo era Director del Instituto de Física de la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Concepción y, naturalmente, debía estar continuamente informado, no sólo de lo que se hacía, sino también, y sobre todo, de lo que se pensaba hacer en Chile en relación a este acontecimiento tan importante de alcance y trascendencia mundiales, para estudiar y decidir cuáles podrían ser las posibilidades de colaboración del Instituto en esta gran faena internacional. Por esta labor informativa supe que el gobierno de Estados Unidos o, más precisamente, el Department of Commerce National Bureau of Standard Boulder Laboratories - Colorado, EE. UU., entregaría a una Universidad chilena, en calidad de préstamo indefinido (en la práctica, regalaba), una moderna “Estación de Ionósfera” “Tipo C-4” con todos sus accesorios, cuyo valor era de 50.000 dólares aproximadamente.

Con esa “Estación de Ionósfera” podían hacerse estudios e investigaciones sobre aquella región de la alta atmósfera donde

los componentes químicos se encuentran en parte al estado de "iones", y donde la "densidad electrónica" es notable, y que convencionalmente se considera dividida en tres capas, en función de la variación de la densidad electrónica, que aumenta con la altura, y que son: la capa D, cuya altura es alrededor de 70-80 kilómetros; la capa E, cuya altura es alrededor de 100-120 kilómetros; y la capa F, cuya altura supera los 150-200 kilómetros, y alcanza los 400-500 kilómetros.

En otros términos, con esa "Estación de Ionósfera" podían hacerse estudios e investigaciones, no sólo de enorme interés científico, sino también de trascendental importancia práctica y que, "grossó modo", se relacionan sobre todo con el hecho de que las diferentes densidades electrónicas que se tienen en las capas antes mencionadas, actúan de "espejo" solamente para las ondas electromagnéticas cuya frecuencia es inferior a una frecuencia del orden de 30 MHz. Además, puesto que existe una precisa relación entre la densidad electrónica de una capa y la frecuencia de la radiación electromagnética reflejada por aquella capa, se observa que mientras las radiaciones de frecuencia menor son reflejadas por las capas más bajas, las radiaciones de frecuencia mayor son reflejadas por las capas más altas, hasta llegar a la radiación de frecuencia muy alta, o sea, del orden de 30 MHz, que atraviesan sin ninguna dificultad toda la ionósfera.

Por otra parte, se trataba de estudios e investigaciones fascinantes, que siempre me interesaron sobremanera y cuyo desarrollo (naturalmente no experimental, sino teórico y conceptual) constituyó uno de los temas de mi preferencia, desde los primeros años de mi carrera universitaria, docente y científica.

Se comprende entonces cuán grande fue mi deseo de que esta "Estación de Ionósfera" fuera entregada a nuestra Universidad, a nuestra Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas y, en especial, a mi Instituto de Física de la Escuela de Ingeniería.

Sin embargo, para alcanzar este objetivo bastante ambicioso era necesario moverse y actuar intensamente, porque la Embajada de Estados Unidos estaba en Santiago y allí también estaba la Universidad de Chile que, como es sabido, es la Universidad más importante del país.

Por suerte que para alcanzar mi objetivo tenía dos razones de tan clara y absoluta validez, que nada ni nadie habría podido honradamente refutar.

Primero: la Universidad de Concepción era la Universidad más austral del mundo en condiciones de recibir esa "Estación de

Ionósfera" y utilizarla en forma plenamente satisfactoria para los fines del Año Geofísico Internacional. La Universidad Austral de Valdivia, fundada tres años antes y precisamente el 7 de septiembre de 1954, no estaba todavía funcionando en forma completa como ahora, y no podía, en aquel entonces, tomar una responsabilidad de tal envergadura. La otra Universidad bastante austral en el mundo, como es la Universidad de Ciudad del Cabo en Sudáfrica, está más al norte de la de Concepción.

Todos sabían que en el hemisferio Sur había un número de "Estaciones de Ionósfera" muy inferior al número de las que hay en el hemisferio Norte. Entonces, ¿se podía desestimar la oportunidad de que en el hemisferio Sur y precisamente en Chile, estuviese la Universidad más austral del mundo y la posibilidad de desarrollar en forma satisfactoria los estudios y las investigaciones programados para el Año Geofísico Internacional?

¿Podía el gobierno de Estados Unidos entregar esta "Estación de Ionósfera", destinada para Chile, a otra Universidad que no fuera la de Concepción, es decir, a otra Universidad, por importante que fuera, más al norte de la de Concepción?

¡No! Tal error no se podía cometer y así lo expresé en forma bien clara y explícita en todas las ocasiones y, en particular, a quien debía expresarlo, para lograr el éxito deseado.

Segundo: la Universidad de Concepción tenía un joven y muy preparado profesor, especialista en electrónica y quizás el único en Chile en aquel entonces que hubiera podido desarrollar, con la "Estación de Ionósfera", no sólo trabajo de rutina sino también trabajos de investigación científica.

Me refiero a mi ex alumno y distinguido y apreciado colega y amigo, Prof. Harald Sagner Henzi.

Debido a estas dos razones que expuse sin descanso, y con el eficaz apoyo del Decano de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, don Luciano Cabalá Pavesi, la "Estación de Ionósfera" "C-4" fue entregada al Instituto de Física de la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Concepción e instalada en el fundo "Andalién" de la Universidad, siendo posteriormente trasladada al fundo Bellavista, siempre de la Universidad de Concepción, donde actualmente se encuentra.

Su inauguración se efectuó el 11 de octubre de 1957.

Al acto inaugural asistieron: el Embajador de Estados Unidos en Chile, Sr. Cecil B. Lyon, quien llegó a esta ciudad acompañado por el agregado de prensa de la misma Embajada, señor

I. Butler; el Rector de la Universidad de Concepción, Prof. David Stichkin B.; el Decano de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Prof. Luciano Cabalá P.; el Director del Instituto de Física de la Escuela de Ingeniería, Dr. Leopoldo Muzzioli A.; el Jefe Técnico y “experto” de la “Estación de Ionósfera”, Prof. Harald Sagner H.; autoridades, todo el personal docente del Instituto de Física y numerosos profesores de la Escuela de Ingeniería.

Sin embargo, antes del desarrollo de los actos de esta inauguración oficial, que corresponde en verdad al tema fundamental de este recuerdo, creo oportuno exponer textualmente lo que expresó al respecto la Universidad de Concepción en su Boletín Informativo Nº 4:

“Una contribución de verdadera importancia aportan la Universidad y la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas a las investigaciones y estudios que se están realizando en todo el mundo con motivo del Año Geofísico Internacional. Este aporte se refiere a los estudios, sobre “Ionósfera”, que le han sido encomendados por Decreto Supremo y que están bajo la responsabilidad del Instituto de Física de la Escuela de Ingeniería.

“Con el fin de que la Universidad pudiera realizar, con toda eficiencia, estas investigaciones que le señaló el Comité Ejecutivo Chileno del Año Geofísico Internacional, el Department of Commerce National Bureau of Standard Boulder Laboratories - Colorado, EE.UU., envió a nuestro plantel el equipo necesario para la instalación de una moderna ‘Estación de Ionósfera’, Tipo ‘C-4’ con todos sus accesorios cuyo valor es del orden de 50.000 dólares.

“Este equipo está formado por un transmisor a impulso, similar al sistema de radar, el cual envía impulsos verticales hacia el espacio para que sean captados por las capas de ionósfera. En el mismo aparato se captan los reflejos que se reciben en una pantalla que los grabará junto al osciloscopio.

“Tanto los impulsos como sus reflejos son lanzados y captados por una antena de 21 metros de altura, con una longitud base de 100 metros.

“El equipo tiene una potencia de 15 kilowatt.

“El equipo transmisor y receptor funciona mediante un reloj automático que, cada 15 minutos, impulsa las grabaciones que corresponden y trabaja las 24 horas del día.

"También ha recibido la Universidad un laboratorio completo para el revelado de las películas.

"Junto al equipo de ionósfera llegó también un transmisor de radio que permite ponerse diariamente en contacto con la Radio de Huancayo del Perú, que es la encargada de transmitir los resultados obtenidos a Estados Unidos.

"El Director del Instituto de Física de la Escuela de Ingeniería, Dr. Leopoldo Muzzioli A., realizando las tramitaciones pertinentes, logró obtener de la Dirección General de Servicios Eléctricos el permiso para transmitir en todas las ondas; por lo tanto la Estación, cuya sigla es XQ8AP, tiene el carácter de "Estación Experimental Especial, para el Año Geofísico Internacional", y permite realizar las transmisiones a completa satisfacción, no estando estas transmisiones limitadas a la gama de ondas de los aficionados.

"Cabe destacar que las estaciones en actividad son 40 en todo el mundo.

"En el continente sudamericano se han instalado una en Bolivia, otra en Colombia, cuatro en Perú, y la de Concepción, que es la única que funciona en nuestro país".

Antes de la iniciación de la ceremonia oficial, el Prof. Harald Sagner Henzi, Jefe Técnico de la "Estación de Ionósfera", ilustró a los visitantes acerca del funcionamiento del equipo transmisor y receptor y de todas las características más importantes del equipo, gracias a su competencia profesional.

Los discursos pronunciados en aquella ocasión sólo fueron divulgados en resumen, por lo cual considero oportuno transcribirlos.

DISCURSO DEL EX RECTOR, PROF. DAVID STITCHKIN B.

Con la inauguración de la Estación de Ionósfera, cuyo servicio ha sido confiado a la Universidad de Concepción, asistimos a un acto de trascendental importancia científica y de proyecciones mundiales, pues su instalación, control y manejo son la resultante del esfuerzo mancomunado de gobiernos, instituciones científicas y universitarias, movidos con alta inspiración por el propósito de servir a la humanidad toda, mediante el aporte de nuevos conocimientos que acrecentarán el acervo de todos los pueblos en un gesto de solidaridad sin precedentes.

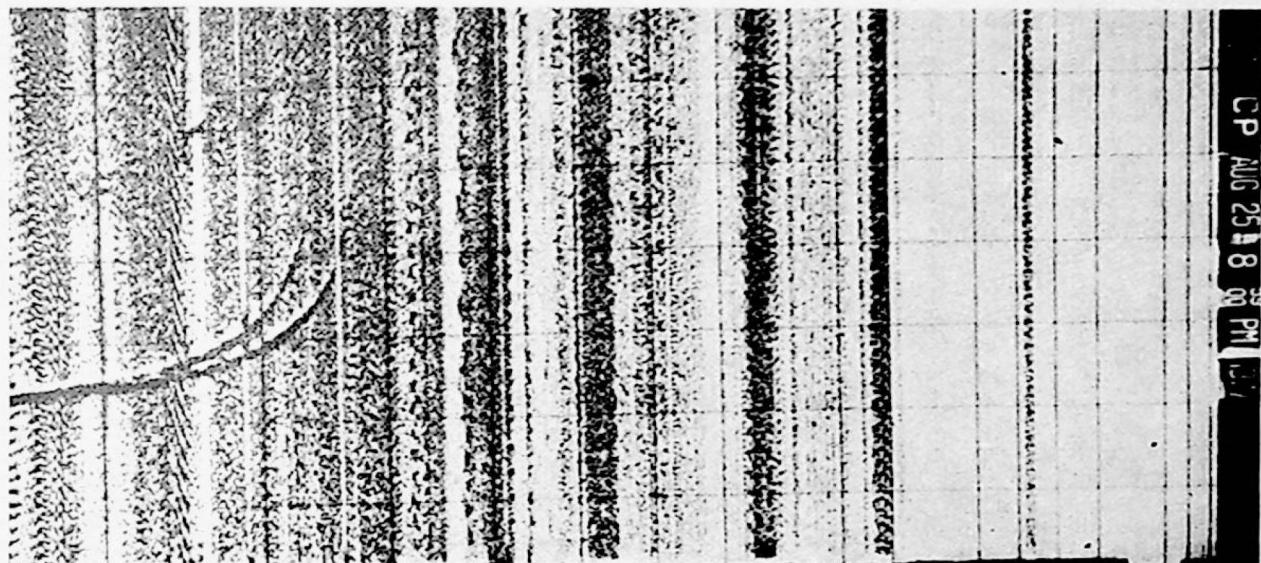
La ubicación geográfica de Chile, su amplia gama de latitudes, la enorme área de extensión que comprende desde las regiones tropicales hasta los hielos de la Antártida, le señalan también un sitio destacado en el estudio e investigaciones que corresponden al Año Geofísico Internacional, y explican los compromisos que nuestro país ha contraído en las reuniones y conferencias de Bruselas de 1954 y 1955, y de Río de Janeiro, de 1956.

Nuestro país tiene, entre otras misiones, la de instalar, controlar y operar el equipo de sonda ionosférica que hoy inauguramos con la honrosa presencia del Excelentísimo señor Embajador de Estados Unidos de Norteamérica, don Cecil B. Lyon. La responsabilidad directa de esta Estación, una de las pocas que existen en América, ha sido confiada a nuestra Universidad. Esta misión nos llena de justa satisfacción, pues significa el reconocimiento expreso de la alta calidad de nuestros hombres de ciencia, entre los cuales debemos destacar hoy al doctor don Leopoldo Muzzioli, a quien corresponde dirigir las investigaciones que se realizarán.

Ardua tarea habría sido para la Universidad participar de estos estudios, si no hubiera sido por la donación del equipo de la Estación, que nos ha hecho el National Bureau of Standard, de Boulder, Colorado, institución hacia la cual nuestra Universidad dirige también, en estos momentos, la expresión de su reconocimiento, que hacemos extensivo al gobierno de Estados Unidos de Norteamérica, por la asistencia y colaboración que periódicamente y de manera constante ha prestado a toda acción de cooperación internacional con las universidades chilenas y particularmente con la nuestra, que se ha traducido, entre otros aspectos, en donaciones de equipo, asistencia técnica, becas, etc.

Este acto, por lo tanto, no sólo es la expresión viva del extraordinario desarrollo alcanzado por la ciencia, sino, muy principalmente, de la práctica superior de los ideales de solidaridad internacional preconizada por los pueblos que encarnan una misma cultura.

Agradecemos al Excmo. señor Embajador su asistencia que, junto con la de las autoridades presentes, contribuye a dar el relieve que este acto merece. Y formulamos votos por que la acción común de los pueblos y gobiernos sea cada día más intensa y estrecha, para bien de la humanidad.



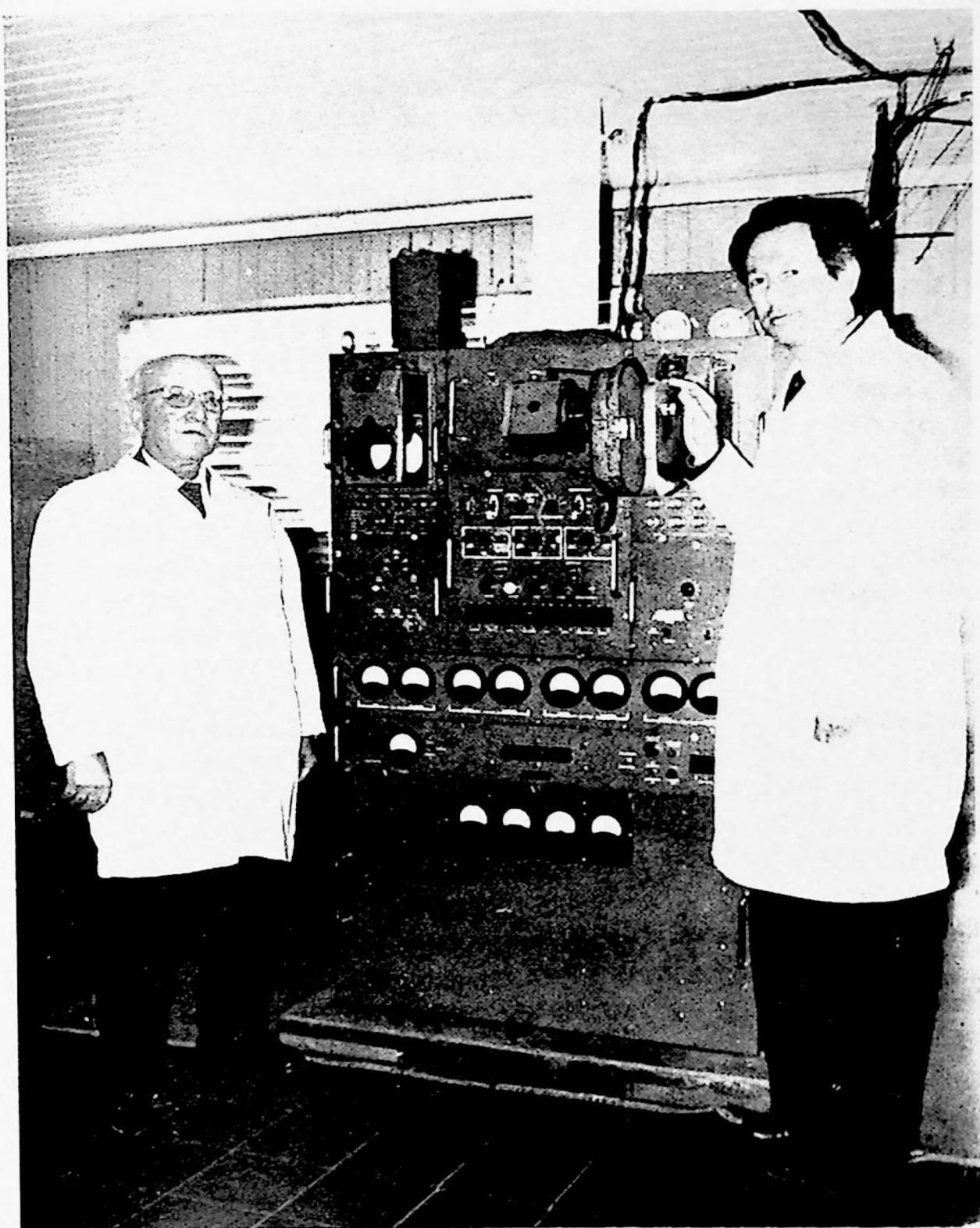
Ionograma nocturno que, por la reflexión total de las ondas de radio, demuestra la presencia de la capa F a 230 Km de altura.

Registro tomado en Concepción (Chile) el día 25 de agosto de 1977, a las 20 horas.



Ionograma diurno que, por la reflexión total de las ondas de radio, demuestra la presencia de la capa E a 110 Km de altura, una E esporádica a 160 Km, la capa F₁ y finalmente la capa F₂ a 275 Km de altura.

Registro tomado en Concepción (Chile) el día 23 de agosto de 1977, a las 13,30 horas.



Junto al equipo de radiosondas de la Estación de Ionósfera del Instituto de Física de la Universidad de Concepción, aparece el Profesor Leopoldo Muzzioli A., fundador de dicha estación (izquierda) y el Profesor Harald Sagner H. (derecha).

El Prof. Sagner, desde la inauguración de la Estación de Ionósfera hasta hoy, ha realizado no sólo los importantes trabajos de rutina inherentes a las relaciones científicas con el Department of Commerce, National Bureau of Standard, Boulder Laboratories-Colorado (USA), sino también trabajos originales de investigación científica.

DISCURSO DEL EMBAJADOR, CECIL B. LYON.

Durante mis dos períodos de servicio en Chile, he contemplado con singular admiración las realizaciones de la Universidad de Concepción. A este sentimiento se ha unido cierta nostalgia de mis años de estudiante en Harvard. Al recorrer sus paseos y visitar sus edificios, he experimentado la renovada convicción de que vuestra Universidad no es sólo una ciudadela de cosas ya sabidas, sino un sendero hacia el descubrimiento de nuevos conocimientos. Estos elementos constituyen precisamente la misión fundamental de las universidades: apoyarse firmemente en el pasado para conquistar el futuro y lo desconocido. Hoy tengo el placer de participar en una ceremonia en la cual el espíritu y la misión de las universidades se demuestran en forma práctica.

La ceremonia que se realiza hoy tiene, además, una mayor significación. Es una impresionante prueba de lo que puede alcanzarse mediante la colaboración internacional; una prueba de lo que los pueblos de diferentes países, ya sea directamente o a través de sus instituciones, pueden realizar para el progreso y el bienestar de la humanidad.

Esta Estación de estudio de la ionósfera que hoy concentra su atención en regiones hasta ahora poco conocidas, es el resultado de la colaboración entre instituciones chilenas y norteamericanas. Este hecho es naturalmente grato para mí, pues nos da una evidencia más de la amistad y cooperación tradicionales entre Chile y Estados Unidos.

Ella evoca todavía otros pensamientos. Esta Estación, así como otras instalaciones para estudiar los diversos aspectos del planeta en que vivimos, es parte de un programa ambicioso, que habría sido imposible de realizar sin la cooperación directa y activa de una gran parte de los países del mundo. El programa del Año Geofísico Internacional demuestra, una vez más, la capacidad de las naciones para trabajar en conjunto y lograr así los resultados concretos. Equipos de hombres de ciencia de prácticamente de todas las naciones del mundo recopilan datos y mantienen comunicación, preocupándose solamente de los problemas de la ciencia al servicio de la humanidad. Es un sendero que se recorre con gran sacrificio, incluyendo con frecuencia el de vidas humanas, como desgraciadamente ocurrió no hace mucho tiempo con dos heroicos oficiales chilenos en la Antártida.

Estos sacrificios no son en vano. Demuestran el poder y la tenacidad de la voluntad humana y prueban que la mayoría de las naciones del mundo están avanzando decidida y positivamente.

El Año Geofísico Internacional es el estudio coordinado más extensivo de nuestro planeta, que jamás haya sido llevado adelante por los hombres de ciencia del mundo. Estos están realizando estudios de materias íntimamente relacionadas con el bienestar de los pueblos. Todas las naciones participantes interesadas en las conclusiones tendrán acceso a los datos obtenidos.

Dada la amplia significación de esta empresa, en que la Universidad de Concepción y otras destacadas instituciones de Chile y Estados Unidos colaboran con más de 40 naciones del mundo, me es especialmente grato participar hoy en esta ceremonia de inauguración.

*DISCURSO DEL DIRECTOR DEL INSTITUTO DE FISICA,
DR. LEOPOLDO MUZZIOLI A.*

En el año 1926, con ocasión del 30º aniversario de su gran descubrimiento, Guillermo Marconi dictó una conferencia conmemorativa, que se publicó en el mismo año en la prestigiosa revista italiana "L'Elettrotecnica".

En su discurso Marconi expresó, entre otras cosas, lo siguiente:

"Se había objetado que la curvatura de la tierra habría inexorablemente impedido las comunicaciones a distancias superiores a pocas decenas de kilómetros; sin embargo, yo no creí tales objeciones y pude probar con experimentos realizados entre el Cabo Lizard y la Isla de Wight, en Inglaterra, que mi intuición estaba acertada. En este experimento la distancia era de alrededor de 300 kilómetros; por consiguiente, la curvatura terrestre intervenía en forma notable. Sin embargo este hecho no constituyó ningún obstáculo para las transmisiones radiotelegráficas.

"Sucesivamente se afirmó que las transmisiones a distancias todavía mayores representaban el sueño de un visionario; sin embargo, después de los experimentos por mí realizados, en diciembre de 1901 entre Inglaterra y Terranova de Canadá, mediante los cuales logré comunicar por primera vez a través del Océano Atlántico, todos empezaron a convencerse de que muy probable-

mente ninguna distancia en el mundo habría podido limitar la transmisión de las ondas eléctricas".

Aún hoy día sorprende la genialidad e intuición de Marconi, puesto que las dificultades planteadas por los más grandes matemáticos y físicos de su tiempo no estaban en absoluto faltas de fundamento.

Se observaba, en efecto, que las ondas electromagnéticas, que debían transportar las señales por transmitir, no podían superar el obstáculo de la curvatura de la tierra y habrían quedado absorbidas o se habrían dispersado en el espacio.

Cálculos matemáticos precisos realizados por los físicos y matemáticos de mayor renombre de entonces confirmaban estas previsiones.

Por ejemplo, el gran físico-matemático francés Poincaré publicaba en el "Annuaire pour l'an 1902 du Bureau de Longitudes", París, 1902, una memoria titulada "Notice sur la telegraphie sans fil", según la cual se demostraba como imposible la transmisión de señales radiotelegráficas a distancias superiores de algunas decenas de kilómetros, ya sea por el obstáculo debido a la curvatura terrestre como por la absorción de las ondas electromagnéticas.

Y en la experiencia de radiotransmisión ejecutada por Marconi entre la estación transmisora de Poldhu (Inglaterra) y S. Juan de Terranova (Canadá) la distancia no era de algunas decenas de kilómetros, sino de 3.500 kilómetros y el obstáculo debido a la curvatura terrestre es comparable (como se puede verificar con un simple cálculo) a una montaña de más o menos 400 kilómetros de altura.

¿Cómo explicar el hecho de que todos estos cálculos "exactos" estaban . . . "equivocados" y que la visionaria intuición marconiana pudo prevalecer y transformarse en maravillosa realidad, contrariamente a todas las previsiones que se deducían mediante los más rigurosos desarrollos matemáticos?

La contestación a esta pregunta es que en todas esas consideraciones teóricas, en todos esos cálculos matemáticos, no se tomaba en cuenta que en la alta atmósfera existe una región que precisamente es la que ahora es llamada ionósfera, cuyo comportamiento eléctrico es completamente diferente de aquel de las más bajas capas atmosféricas.

Ahora es bien conocido que esta región, que se extiende desde unos 70/80, hasta unos 400/500 kilómetros sobre la super-

ficie de la tierra, debido a que está formada por electrones (cargas eléctricas negativas) y iones (partículas materiales cargadas de electricidad positiva y negativa) goza de la importante propiedad de funcionar, diría, como un espejo para las ondas electromagnéticas que, de otro modo, se dispersarían en el espacio.

Sin este providencial espejo, la radio no habría alcanzado, con toda certeza, los asombrosos resultados que todos conocemos hoy día.

Para tener una idea de la trascendental importancia del estudio de la ionósfera para las radiocomunicaciones, creo conveniente señalar que la ciencia y la técnica de las radiocomunicaciones pueden subdividirse en tres aspectos fundamentales: la *transmisión, la propagación y la recepción*.

Ahora bien, el primer y tercer aspecto de las radiocomunicaciones que abarca el estudio científico-técnico de los fenómenos y de las operaciones relacionadas con los aparatos transmisores y receptores, han experimentado en estos últimos años un progreso verdaderamente notable. Puede afirmarse que en el estado actual de la ciencia y de la técnica, la transmisión y la recepción han alcanzado una perfección que puede considerarse satisfactoria.

En cambio, el segundo aspecto de las radiocomunicaciones, la propagación de las ondas electromagnéticas, es decir, el estudio importantísimo de los fenómenos que se verifican desde el instante en que las ondas dejan la antena transmisora hasta el instante en que llegan a la antena receptora, se puede afirmar que no ha progresado en la misma forma; por el contrario, ha quedado en verdad relativamente atrasado, y es la ionósfera, esta región constituida por cargas eléctricas negativas y partículas cargadas de electricidad positiva y negativa y que afortunadamente existe en la alta atmósfera terrestre, la providencial responsable de la posibilidad de las radiocomunicaciones a grandes distancias.

El nombre de ionósfera que tiene actualmente esta región fue adoptado con ocasión del Congreso de la Unión Radiocientífica Internacional que se realizó en Venecia en 1938.

Sin embargo, ya en el año 1882 Stewart, para explicar algunas propiedades del magnetismo terrestre, había inducido la hipótesis de la existencia de una región ionizada en la alta atmósfera, hipótesis que fue verificada nuevamente por Kennely e independientemente por Heaviside en el año 1902, poco después de las

primeras experiencias oceánicas de Marconi. Pero solamente en el año 1924 fue establecida su existencia de manera absolutamente segura por el premio Nobel Edward Appleton, uno de los sabios vivientes de mayor renombre en este campo.

En seguida, las investigaciones sobre ionósfera se han multiplicado rápidamente. Las publicaciones relacionadas con los resultados de estos estudios se encuentran por millares en las más importantes revistas científicas del mundo, especializadas en este campo y similares. Por otra parte, creo que se puede afirmar que muchos de los resultados obtenidos ya han llegado a una etapa que puede considerarse definitiva y están expuestos en importantes tratados especializados.

Sin embargo, numerosos y fascinantes problemas quedan abiertos y es precisamente con ocasión del Año Geofísico Internacional que muchísimos físicos de todo el mundo, en armónica coordinación, que constituye en la historia de la ciencia uno de los ejemplos más hermosos de colaboración científica, tratarán con sus investigaciones de resolver muchos enigmas y superar las dificultades que hasta ahora se han encontrado para esclarecer incógnitas.

Se sabe que la electrización de la ionósfera depende de la influencia solar; pero no existe todavía acuerdo en cuanto al mecanismo, diría, del fenómeno e inclusive sobre la parte del espectro solar responsable de esta acción, a pesar de que, en este aspecto, parece que las radiaciones ultravioletas son las que con mucha probabilidad inciden mayormente en la acción ionizadora.

El efecto que la ionósfera produce sobre las ondas electromagnéticas es debido a los electrones libres que en ella se encuentran; por consiguiente, el comportamiento de la propagación de las ondas de radio, que es el que más interesa, dependerá de la distribución de la densidad electrónica en las diferentes capas de la atmósfera superior y que componen la región ionosférica.

La densidad electrónica (es decir el número de electrones que se encuentran en la unidad de volumen, por ejemplo, un centímetro cúbico) es despreciable en las capas atmosféricas inferiores; en cambio, se empieza a tener un notable número de electrones a alturas mayores de unos 70/80 kilómetros; y a la altura de unos 100 kilómetros la densidad electrónica alcanza muy a menudo valores suficientemente elevados como para influenciar las radiocomunicaciones y dar la posibilidad, en deter-

minadas condiciones, a una reflexión total del haz de ondas electromagnéticas. La densidad electrónica mantiene su valor relativamente elevado hasta 300/500 kilómetros, y después con toda probabilidad disminuye hasta desaparecer.

El valor máximo de la densidad electrónica y la ley con que esta densidad varía con la altura dependen de la hora del día, de la estación y varían de año en año.

Durante el día existen tres máximos de densidad electrónica a alturas diferentes, que constituyen las llamadas capas E, F₁ y F₂.

La capa E, que constituye el primer máximo de densidad electrónica, tiene una altura de 100 kilómetros aproximadamente y experimenta pequeñas variaciones diurnas y estacionales. La altura de la máxima densidad electrónica correspondiente a la segunda capa F₁ es alrededor de 200 kilómetros. También esta capa sufre pequeñas variaciones diurnas y estacionales; en cambio, a la altura de la tercera capa F₂ varía entre 250 y 350 kilómetros con fuertes variaciones diurnas y estacionales y depende también de la latitud.

Esta es la situación de la densidad electrónica en las capas ionosféricas durante el día.

De noche, la capa F₁ tiende a desaparecer, mientras que la capa F₂ baja, dando lugar a una única capa llamada capa nocturna F, cuya altitud es alrededor de 250 kilómetros con pequeñas variaciones estacionales.

A veces de noche, en algunos casos llamados anómalos, también la capa E tiende a desaparecer, de manera que la ionósfera queda constituida únicamente por la capa F.

Estas simples informaciones que corresponden, "grosso modo", al estado actual de nuestro conocimiento sobre este tema tan fascinante, a pesar de haber sido expuestas en forma tan somera y cualitativa, creo que podrán poner de relieve, no sólo la enorme complejidad de los estudios relacionados con la ionósfera, sino también su utilidad, de tan trascendental importancia práctica para un conocimiento siempre mayor de la fenomenología de la propagación de las ondas electromagnéticas en las radio-comunicaciones a gran distancia.

Estoy convencido que este Año Geofísico Internacional será muy provechoso para el progreso en el conocimiento de la ionósfera, porque, como dije antes, a pesar de que el desarrollo de las investigaciones sobre el estudio de esta región de nuestra

alta atmósfera ha aumentado enormemente en estos últimos años, numerosos y fascinantes problemas quedan abiertos, como quedan todavía muchas incógnitas y muchos enigmas por esclarecer.

A las mediciones experimentales se podrán añadir los adelantados conocimientos que se tienen, al estado actual de la ciencia, tanto de la Física como de las Matemáticas, con el fin de poder interpretar los resultados de la experiencia, de formular oportunas hipótesis, elaborar las teorías correspondientes y controlarlas en sus consecuencias cuantitativas y cualitativas.

Es así, en efecto, como avanza la ciencia; con un proceso, diría, de dilatación que, conjuntamente con aumentar nuestros conocimientos, aumenta las incógnitas.

Esta es la eterna tormentosa vicisitud del saber humano.

El científico debe estar consciente de que su meta no es el inalcanzable dominio absoluto y definitivo de la verdad, sino el mucho más humilde, pero noble e inagotable esfuerzo para seguir esa verdad, aun sabiendo de antemano que no podrá alcanzarla. Eliminando todo rastro de soberbia, se podrá alcanzar la humilde pero verdadera sabiduría, si junto al saber se logra adquirir aquella forma superior del saber, que es el saber de no saber.

Antes de terminar, deseo expresar al Excmo. señor Cecil B. Lyon, Embajador de Estados Unidos de Norteamérica, mis más profundos agradecimientos por el valioso obsequio que su gobierno tuvo a bien entregar a la Universidad de Concepción; y, además, en mi calidad de Director del Instituto de Física de la Escuela de Ingeniería, deseo manifestar que trataré, junto con mi valioso y excelente colaborador, señor Harald Sagner, de trabajar con amor y entusiasmo, y corresponder a la confianza que la Universidad de Concepción y su Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas me otorgó, dándome la responsabilidad de las investigaciones que sobre ionósfera se están realizando y se realizarán durante el Año Geofísico Internacional.