

LA FORMACION ARRAYAN, DEVONICA, EN LA PROVINCIA DE COQUIMBO

por el prof. DR. GIOVANNI CECIONI

Resumen. La formación Arrayán, cuya edad había sido tentativamente atribuida al devónico o al carbonífero, se depositó en el lapso duntontiano-devónico medio inclusive, por tener *Psilophytales* pertenecientes a la familia *Rhyniacea*. Estas plantas vivieron en un ambiente continental aéreo. Las arenitas que prevalecen en la constitución litológica de esta formación tienen matriz con la misma composición de los granos. Es muy posible entonces que la formación Arrayán se haya depositado en un continente y probablemente cerca de la costa oriental de la "Tierra de flabellites" por tener depósitos marinos coetáneos hacia el Este de su lugar típico. Las mismas condiciones paleogeográficas se presentan en el norte argentino; en Bolivia Oriental el gothlandico-devónico tiene facies semejantes al flysch.

Techo y base de la formación Arrayán son desconocidos. La última fase orogénica del diastrofismo caledónico o la primera del hercínico tienen que haber plegado intensamente esta formación. El miembro La Desembocadura de la formación Huentelauquén, al norte, se presenta plegado y pertenece al pennsylvaniano medio; en los afloramientos más bajos visibles no hay notables espesores de arenitas y faltan conglomerados de base; por esto hay que pensar en una falla que separe las dos formaciones y que pase por los depósitos recientes que impiden observar directamente las relaciones existentes.

Es probable que el miembro La Desembocadura descansa con fuerte discordancia angular sobre la formación Arrayán, empero no se puede descartar la hipótesis que se puedan tener sedimentos mississiplanos y/o devónicos altos intercalados entre ambas formaciones conocidas.

ABSTRACT: The Arrayan Formation, whose age has been considered tentatively Devonian or Carboniferous, was deposited from Duntontian to middle Devonian inclusive, as eviden-

ced by its content of *PSILOPHYTALES*, belonging to the family *RHYNIAEACEA*. These plants lived in an aerial continental environment. The matrix of the arenites, which make up the more important lithological element, has the same lithology as the grains. It is possible therefore that this formation has been deposited in a continental environment and perhaps close to the East Coast of *FLABELLITES-Land*, in view of the contemporary marine deposited found to the East of its type locality. The same paleogeographical features have been recognized in Northern Argentina; in East Bolivia there are gothlandian-devonian sediments with flysch-like facies.

Arrayan-formation's top and bottom are both unknown. The late orogenic phase of the Caledonian diastrophism or the first phase of the Hercynian one intensively folded this formation. The Desembocadura member of the Huentelauquén formation, middle Pennsylvanian in age, is only slightly folded. In its lowermost outcroppin sediments, thick sandstones or basal conglomerates are wanting; therefore a fault is postulated dividing the two formations, and located where recent sediments made impossible the direct observation of the existing relationships.

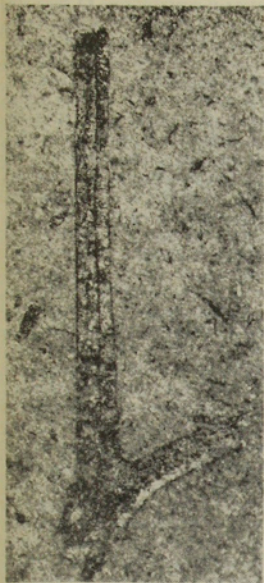
It is probable that La Desembocadura member lies with strong angular unconformity on the Arrayán formation, but it is impossible to discard the possibility that Mississippian and/or uppermost Devonian rocks may be intercalated between the known formations.

INTRODUCCION

Las relaciones estratigráficas de los "Estratos" o formación Arrayán, así como su edad, no resultan bien claras en la bibliografía geológica que se refiere a esta pequeña parte de la provincia de Coquimbo; por esto se consideró de cierta utilidad dedicar unos pocos días del mes de mayo de 1960 al área en

PSILOPHYTALES
pertenecientes a la
familia Rhyniacea

VIVIERON EN LOS PANTANOS DE HACE
300 MILLONES DE AÑOS (DEVONICO
INFERIOR)



ampliadas 7 veces

objeto, con el fin de llevar a cabo un pequeño levantamiento geológico de detalle, en el cual el autor fue ayudado por un numeroso grupo de alumnos de IV año de entonces de la Escuela de Geología de la Universidad de Chile.

LOS ESTUDIOS ANTERIORES

La proposición formal de "Estratos de Arrayán" fue presentada por Muñoz Cristi (1942, p. 293), el cual destacó las siguientes características:

a) **l u g a r t í p i c o**: Bahía o Caleta Arrayán al S. de la desembocadura del río Choapa, provincia de Coquimbo, 31°40' lat. S.
 b) **l í m i t e s u p e r i o r**: los Estratos de Huentelauquén, del carbonífero superior, están en contacto tectónico con los estratos de Arrayán. "En el contacto entre ambas formaciones se presenta un manto brechoso, de más o menos 30 mts. de espesor, formado por la acumulación desordenada de piedras angulosas con tamaños variables entre 1 y 20 cms., faltando absolutamente la estratificación".

Posteriormente el mismo autor (Muñoz Cristi, in Hoffstetter et al., 1957, p. 34) escribe que los Estratos de Huentelauquén considerados ahora del pérmico inferior, cubren discordantemente los de Arrayán.

"En Casuto (Muñoz Cristi, 1942, p. 314) aparecen los conglomerados basales descansando sobre las grauvacas correspondientes a los Estratos de Arrayán, que aquí llevan pizarras fósiles vegetales, entre los cuales determinó Tavera..." (faltan en el texto).

c) **l í m i t e i n f e r i o r**: los elementos que constituyen las arenitas de los Estratos de Arrayán "son principalmente los derivados de las micacitas basales (pertenecientes al basamento cristalofílico) y de rocas graníticas sódicas, que muy bien pueden provenir de las intrusiones o efusiones posteriores a las dislocaciones caledónicas".

d) **l i t o l o g í a**: "Areniscas y pizarras en bancos alternados. Las areniscas son de color gris verdoso, variando el tamaño del grano 0,05 y 0,5 mm. para diferentes capas. Estos granos están constituidos en su mayoría por cuarzo, que sólo en raros casos muestra extinción ondulosa. Hay además hojitas de biotita y muscovita. En menor proporción existe albita con muy pocas señales de tectonización,

cuarcitas sericiticas y queratófiros. El cemento se compone de granitos pequeñísimos de cuarzo, con algunas hojitas de sericita y biotita en escasa proporción. En estas areniscas hay escasos restos vegetales carbonizados. Las pizarras son por lo general rocas de color oscuro y negro azulejo, laminadas con hojitas de muscovita, en los planos de estratificación. Están constituidas por granitos finísimos de cuarzo (0,003) y muy escasas hojitas de muscovita". "A pesar del fuerte plegamiento que ha experimentado esta serie no se observa una recristalización de los elementos constituyentes de las areniscas y pizarras. Las características pegrográficas, lo mismo que la presencia de restos vegetales, parecen indicar que se trate de sedimentos marinos de poca profundidad... Están atravesados por diversos filones eruptivos...; odinitas constituidos por andesita y augita, queratófiros con masa fundamental de tendencia esferolítica con fenocristales de albita y cuarzo, y dioritas augíticas" (Muñoz Cristi, 1942, p. 293).

e) **c o n t e n i d o p a l e o n t o l ó g i c o**: "Restos vegetales mal conservados" (Muñoz Cristi, in Hoffstetter et al., 1957, p. 34). En el curso inferior de la Quebrada Majadas existen "pizarras negras silicificadas y areniscas, probablemente con plegamiento intenso" que según Muñoz Cristi (1942, p. 294) podrían pertenecer a la Estratos de Arrayán y que proporcionaron al Sr. J. Tavera un ejemplar de *orbiculolidea banni* Sharpe, forma que había sido encontrada en Devónico de Uruguay".

Posteriormente el mismo A. (in Hoffstetter et al., 1957, p. 281) dice que probablemente los restos vegetales encontrados en los Estratos de Arrayán son del Carbonífero.

f) **E d a d**: a este respecto Muñoz Cristi (1942, p. 293) expresa que "no tenemos ningún antecedente para asegurar a los Estratos de Arrayán una edad definida y nos parece lo más probable considerarlos como equivalentes a las grauvacas devónicas o suprasilúricas de la precordillera Argentina". En otra parte del texto (p. 312) el mismo A. se orienta hacia una más probable edad devónica de estos estratos, porque están cubiertos discordantemente por los Estratos de Huentelauquén del carbonífero superior.

Después el mismo A. (1950, p. 62 e in Hoffstetter et al., 1957, p. 34) considera los Estratos de Arrayán del carbonífero, porque los

Estratos de Huentelauquén resultarían del pérmico inferior.

g) **Correlaciones:** según Muñoz Cristi (1942, p. 293 y seg.) podrían corresponder a los Estratos de Arrayán los siguientes afloramientos:

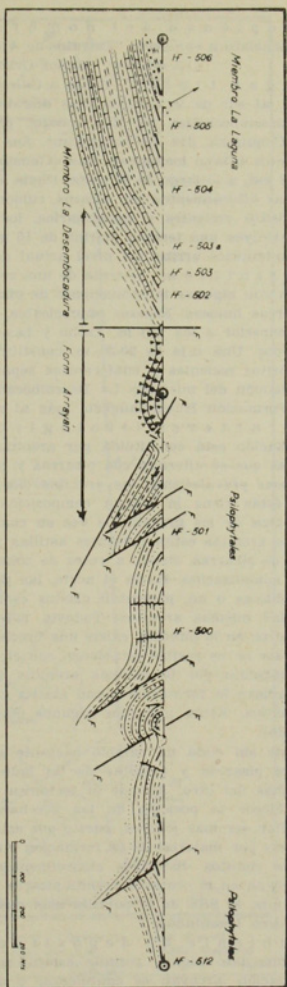
1º) la faja sedimentaria al N del Río Choapa comprendida entre las pizarras cristalinas y las tilitas, 2º) los sedimentos del curso inferior de la Quebrada Majadas, cerca del camino carretero y los algo más al oriente con el fósil citado arriba en el párrafo (e), 3º) también podrían ser correlacionados a los Estratos de Arrayán las areniscas y pizarras comprendidas entre La Desembocadura del Río Chigualoco y de la Quebrada Pedregosa, 15 kms. al S de la Caleta Arrayán. Estas correlaciones son presentadas con mucha duda por el A.

Posteriormente se considera (Muñoz Cristi, in Hoffstetter et al., 1957, p. 34), "Los Estratos de Arrayán como equivalentes de los Estratos de Los Vilos, pero en niveles algo más altos, puesto que no muestran indicios de metamorfismo como los últimos". Se admite también la posibilidad de que los Estratos de Arrayán se superpongan concordantemente a los Estratos de Los Vilos.

h) **Estructura:** según Muñoz Cristi (1942, p. 293), el rumbo predominante de los Estratos de Arrayán en su lugar típico varía entre E-W y N-W con inclinaciones sumamente variables. En dos oportunidades el A. pone en evidencia (1942, p. 312) el fuerte plegamiento característico de los Estratos de Arrayán que es bien distinto del suave plegamiento de la serie sedimentaria considerada más joven.

i) **Orogénesis:** si los Estratos de Arrayán son del devónico, resultaría clara una época diastrófica al final de este periodo:

1) **Conclusión paleogeográfica:** Muñoz Cristi (1942, p. 317) opina que, como consecuencia de los antes mencionados movimientos diastróficos "se desarrollaron cuencas de sedimentación donde pudieron depositarse los Estratos de Puerto Manso que hemos atribuido al Infracarbonífero aunque con mucha reserva". Después el mismo A. (in Hoffstetter et al., 1957, p. 281) atribuye los Estratos de Puerto Manso no al carbonífero inferior sino al superior.



FORMACION ARRAYAN

Propiedad del nombre: esta nomenclatura enmienda "Estratos de Arrayán".

Autor: Muñoz Cristi, 1942.

Lugar típico: Bahía o Caleta Arrayán, al sur de la puntilla más meridional de la desembocadura del Río Choapa, provincia de Coquimbo, 31° 40' latitud sur. Sus afloramientos cubren localmente una extensión areal de 2 km. a lo largo de la costa. Hacia el oriente sus afloramientos son escasos, cubiertos por depósitos recientes y cuaternarios, los cuales constituyen una terraza marina de 10 m. aproximadamente arriba del nivel actual del mar.

Definición: se trató de una serie arenosa con algunas intercalaciones de pizarras y pizarras limosas. Espesor imprecisable, sin duda superior a los 150 m. Techo y base desconocidos. Una faja de 20-30 m. constituida por depósitos recientes y cuaternarios separa esta formación del miembro La Desembocadura de la Formación Huentelauquén, más al norte.

Caracteres litológicos: la formación está constituida por arenitas terrígenas que se alternan con pizarras y pizarras limosas prevaleciendo las arenitas. La matriz de éstas tiene la misma composición mineralógica de los granos. De vez en cuando en estas arenitas están presentes astillas y rodados de pizarras, siendo a veces de color verde por epidotización. Hacia el norte, las pizarras, limolíticas o no, presentan clastos esquinados de las mismas arenitas. Todavía más hacia el norte, en la puntilla, existe una brecha, cuyo espesor no es posible establecer, con elementos constituidos por las mismas arenitas que caracterizan la formación y con matriz arenoso-limolítica. Están presentes algunos planos estratificados.

Existe sin duda un cambio bastante gradual entre pizarras y arenitas de un lado y las brechas del otro. Aunque la tectónica impida establecer la posición de las brechas, éstas podrían ser más jóvenes, puesto que están formadas por material de la formación Arrayán. Unos cuantos disturbios sinsedimentarios se observan en el contacto arenita-pizarra a unos 600 mts. al SSE de la puntilla más meridional del área levantada.

Ambiente de depositación: ningún dato seguro permite establecer si la formación Arrayán es continental o marina.

Los únicos fósiles encontrados son *Rhyniacea*, plantas continentales aéreas, cuyas esporas, cubiertas por una cápsula de cutina, podrían soportar un periodo seco.

En la Mendieta, Zapla, provincia de Jujuy, norte argentino, existen depósitos devónicos con las mismas *Rhyniacea* asociadas a veces con *Orthis laticostata* d'Orb. del devónico inferior (Cecioni, 1949); evidentemente en estos casos aquellas plantas fueron transportadas al mar por aquel río que construyó el delta devónico en el área del Río San Lorenzo (De Benedetti, 1948). En la formación Arrayán, a pesar de haberse buscado cuidadosamente, no fueron encontrados fósiles marinos. La presencia de plantas continentales aéreas, así como la naturaleza de la matriz (Rech-Frollo, 1959) sugiere un ambiente continental lacustre.

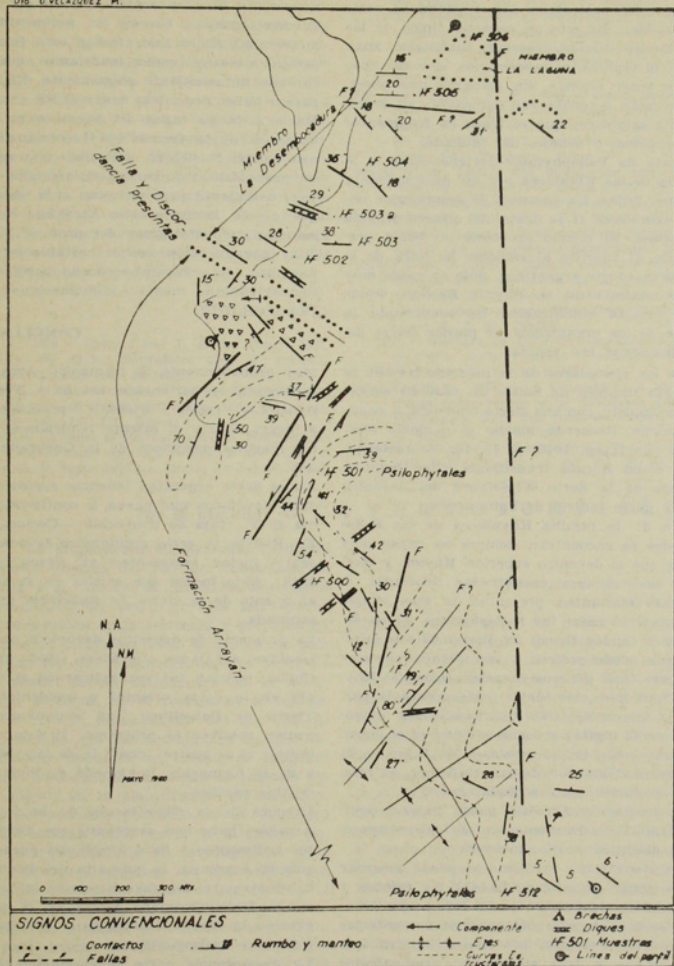
Correlaciones litológicas: como se vio, Muñoz Cristi correlaciona esta formación con los sedimentos presentes en la Quebrada Majadas. Si esta correlación fuera correcta, los sedimentos de la formación Arrayán, lugar típico, probablemente podrían ser marinos, porque en la Quebrada Majadas fue encontrado el ejemplar de *Orbitocoida banni* Sharpe de devónico uruguayo. Sin embargo el mismo prof. Muñoz Cristi, me comunica verbalmente que no está muy convencido de esta correlación. Sin embargo, la litología de la formación Arrayán es completamente distinta de la del Devónico del norte argentino (Cecioni, 1953).

Contenido paleontológico: los lugares fosilíferos de la formación Arrayán están indicados en el plano adjunto con los números HF-512 y HF-501. Los restos del punto HF-512 son demasiado fragmentarios como para ser tomados en consideración. Hace excepción el ejemplar reproducido en la foto N° 2.

La flora del punto HF-501 presenta ejemplares bastante buenos y algunos merecen una pequeña ilustración y descripción. Apparentemente se trata de una asociación muy pobre, monótona, de muy escaso interés para estudios más detenidos, a menos que se quiera hacer un estudio palinológico.

Los cauloides se presentan generalmente derechos y suavemente curvados hacia afuera en la puntas dicotómicas. Los ejemplares más grandes presentan dos cordones paralelos que

018 G. VILLAZQUEZ M.



indican la posición del protosteles, sencillo y delgado; los protosteles son dicotómicos como el caulóide. Es este un carácter típico de las **Rhyniáceas**. No se observan tubérculos auxiliares, ni espinas, ni esporangios. A veces aparentan tener espinas, sin embargo una observación más detenida con inmersión en aceite permite establecer que se trata de fragmentos sobrepuestos, o debajo, del caulóide.

Se trata de **Psilophytales** pertenecientes a la familia de las **Rhyniáceas** por ser dicotómicas y no tener hojas. La ausencia de esporangios impide establecer si se trata del género **Rhynia** u **Hornea**. El mismo problema se había presentado al suscrito al estudiar la flora de la Mendieta (norte argentino). Sólo en casos muy excepcionales como en **Rhynia**, Escocia, donde una perfecta silicificación ha conservado la forma de los organismos, se pueden hacer determinaciones tan exactas.

Entre los ejemplares de la muestra HF.501 se presenta también un molde un caulóide surcado, incompleto, con una cierta tendencia a anastomozarse. Recuerda mucho el caulóide ilustrado por H₂eg, 1942, p. 41, fig. 8), determinado como **Bornia transitionis**, cuyo holotipo procede de la Serie Wijdefjord del devónico medio, parte central de Spitzbergen.

E d a d: la familia **Rhyniáceas** de las **Psilophytales** se encuentran siempre en capas más viejas que el devónico superior. **Rhynia** y **Hornea**, casi siempre encontradas asociadas o formas vicariantes, presentan la más simple organización entre las **Psilophytales**, cuyos órganos y tejidos tienen la diferenciación mínima que puede pedirse a una planta vascular terrestre. Son géneros característicos del Rhynie Chert Beds, los cuales pertenecen a la porción mediana del Old Red Sandstones (devónico medio inglés) y son conocidas en el down-toniano, como en la provincia de Jujuy, y en el devónico inferior de las Malvinas, al referirse exclusivamente a Sudamérica.

La formación Arrayán puede haberse sedimentado exclusivamente en el lapso down-toniano devónico medio, inclusive.

E s t r u c t u r a: como se puede observar en el plano adjunto, en base a los rumbos y manteos de las capas de la formación Arrayán, se han reconstruido aproximadamente las curvas estructurales, las cuales indican tres anticlinales y tres sinclinales, acompañados por fallas. Fallas y ejes indican claramente

un rumbo aproximado N. 40° E. Si efectivamente las brechas septentrionales de la formación Arrayán fueran los sedimentos más nuevos, las fallas que afectan esta formación serían inversas, como tendríamos que esperar con un semejante plegamiento. El empuje parece haber procedido desde el SE.

Hacia el N las capas del Miembro la Desembocadura de la formación Huentelauquén tienen rumbo N 40° W, indicando una estructura, probablemente monoclinical, afectada por fallas, netamente perpendicular a la estructura que afecta la formación Arrayán. Recientes estudios paleontológicos del prof. H. Fuenzalida (comunicación verbal) establecen que el miembro La Desembocadura pertenece al Pennsylvaniano medio (desmoinesiano).

CONCLUSIONES

Muy probablemente la formación Arrayán es continental y pertenezca así a la Tierra de **flabellites** (costa oriental) postulada por Schwarz. Hacia el oriente tendríamos depósitos marinos devónicos de la Quebrada Maja-das.

En el norte argentino tenemos depósitos neríticos devónicos que pasan a continentales hacia el W. (faja de transición —Cecioni, 1950). En Bolivia la serie gothlandico-devónica presenta facies semejantes al flysch (Weeks 1948). Esto indica que existía en el devónico al oriente de la tierra de **flabellites** una fosa profunda.

La presencia de depósitos devónicos con **Calymenidae**, señalados por Biese (1953) frente a Chiloé, podrían tal vez indicarnos si estamos allí en la costa oriental u occidental de la Tierra de **flabellites**. Una abundante fauna podría resolver el problema, si ésta pudiera indicar si es austral, como la de las Malvinas y de la formación Bokkeveld de Sudáfrica, o de tipo pacífico.

Después de la depositación de la formación Arrayán, hubo una orogénesis que afectó a estos sedimentos. Esta orogénesis puede haber sido la Acadiana, la más alta del diastrofismo caledoniano, o una fase hercínica inicial, anterior al Pennsylvaniano medio. En el norte argentino la fase Acadiana tiene características más bien epirogenéticas.

La discordancia entre la formación Arrayán y el miembro La Desembocadura no se obser-

va en el terreno. Como el devónico tiene una estructura mucho más complicada del Pennsylvaniano medio, se postuló en el pasado una discordancia angular notable entre las dos series. Esta discordancia tendría que encontrarse debajo del miembro La Desembocadura. No se puede excluir que entre la una y la otra serie estén presentes otras formaciones más. Efectivamente como el miembro La Desembocadura no presenta depósitos litorales arenosos-conglomerádicos de base, éstos tendrían que estar más abajo de los afloramientos más viejos visibles de este miembro. Es por esto que hay que postular una falla en el contacto superficial de las formaciones Arrayán al sur y La Desembocadura al norte.

BIBLIOGRAFIA

- Biese W., 1953.—Referat von J. Muñoz Cristi: Geologia de Chile. Zentrblatt Geol. u. Paleont. Bad. I, pp. 555-563, Stuttgart.
- Cecioni G., 1959.—Osservazioni sull'anticlinale di Zapla, prov. di Jujuy, Argentina. Boll. Soc. Geol. Ital. vol. LXVIII, Roma.
- ...1950?—Informe preliminar sobre el levantamiento de la zona sur del anticlinal de Zapla y parte de Santa Bárbara (Prov. de Jujuy). Publ. N° 506 Instituto de Geol. y Min., Univ. Nac. de Tucumán, vol. II, N° 5, Tucumán.
- ...1953.—Contribución al conocimiento de los Nau, tiloideos Eopaleozoicos argentinos. Parte I: *Proteocyloceritidae-Cyclostomiceritidae*. Bul. Mu. seo Nac. Hist. Nat., T. XXVI, N° 2 Santiago de Chile.
- De Benedetti, J. J. P., 1948.—Notas preliminares sobre el Devónico de la parte oriental de la Sierra de Zapla y de Cerro de Callegua. Publ. N° 457, Geol., N° 1, Instituto de Geol. y Min., Univ. Nac. Tucumán, Jujuy.
- Högberg O. A., 1942.—The downtownian and devonian flora of Spitzbergen. Skrifter N° 83 Norges Svalbardlog Ishavs-Underkøler, Oslo.
- Hoffstetter R., Fuenzalida H., Cecioni G., 1957.—"Chile", Lexique Stratigraphique Intern. Centre Nation. de la Recherche Scientifique, Paris.
- Muñoz Cristi J., 1942.—Rasgos generales de la constitución de la Cordillera de la Costa, especialmente en la Provincia de Coquimbo. An. I. Congr. Panam. Ing. Min. Geol. Santiago de Chile, T. 2, pp. 285, 318.
- ...1950.—Geología de Chile in Geografía Económica de Chile. Corp. Fomento Producción, Santiago de Chile, T. I, pp. 55-187.
- Rech. Frollo M., 1959.—Le Cenomanien á blocs exotiques nordpyrénéen et le wildflysch des Préalpes Suisses. Bull. Soc. Geol. de France, 7^e Ser., T. I, N° 8, pp. 809, 816.
- Weeks L. G., 1948.—Paleogeography of South America. Bull. Geol. Soc. of Am. vol. 59, pp. 249-282.

(De la pág. 39) **breves científicas**

PERU

Observatorio para el estudio de la alta atmósfera

Con la colaboración del gobierno peruano, a través del Instituto Geofísico de Huancayo, el National Bureau of Standards está construyendo en Jicamarca, a 27 Kms. de Lima, un observatorio astronómico, dotado de las más perfeccionadas instalaciones para realizar estudios de la alta atmósfera. El programa de investigaciones comprenderá la medición de la intensidad del campo magnético terrestre, la densidad de electrones en alturas comprendidas entre 100 y 3.000 Kms., la temperatura cinética de los iones entre 200 y 3.000 Kms. y el tanto por ciento de los principales componentes iónicos en alturas comprendidas entre 200-700 y 1.200-1.800 kms. Las especiales condiciones para las observaciones atmosféricas que presenta la región, han sido las determinantes para la instalación del centro científico.

La preparación del personal científico
El Comité Central del Partido Comunista de la URSS y el Consejo de Ministros aprobaron una resolución en mayo de este año acerca de la aceleración de la selección y preparación del personal científico. Pese a que en el país hay unos 400 mil científicos de alto nivel, se dejan sentir ciertas deficiencias en la selección del personal, en el reemplazo de los deficientes, en la organización del trabajo, al mismo tiempo que las necesidades de más investigadores tiende a incrementarse progresivamente. Conocida la necesidad de imponer un orden mayor en la planificación de la preparación del personal científico, se ha dispuesto que la Comisión del Consejo de Ministros para la coordinación de la investigación científica, colabore y relacione sus actividades con el Comité estatal de Planificación, el Comité estatal de Economía, el Ministerio de Educación superior y media y la Academia de Ciencias, para trazar un plan anual de trabajos y otro a largo plazo sobre la preparación del personal científico.