

312.

UNIVERSIDAD DE CHILE
PROYECTO ECOLOGIA DEL CUATERNARIO SUPERIOR
EN LA PUNA DE ATACAMA, CHILE
OFICINA TECNICA DE DESARROLLO CIENTIFICO Y
CREACION ARTISTICA

CLAUDIO OCHSENIUS



**OBSERVACIONES GEOECOLOGICAS
EN LA
PUNA DE ATACAMA, CHILE**

*Dr. Rómulo Santana
(1934 - 1974)
In Memoriam*

SEPARATA DEL BOLETIN DE PREHISTORIA
DE CHILE
Nº 4, PAGES. 26-52, LAMS. I-IV,
6 FOTOGS. 1 MAPA + BIBLIOGRAFIA,
UNIVERSIDAD DE CHILE, SANTIAGO

1971

OBSERVACIONES GEOECOLOGICAS EN LA PUNA DE ATACAMA, CHILE



Claudio Ochsenius P.¹

*Cuando huyen las estrellas derrotadas
en el rápido vuelo de la aurora,
las parinas transportan la mañana
entre los pajonales congelados*

MURILLO COSTA

MARCO TEORICO DE REFERENCIA

Los intereses y orígenes primarios de la presente contribución, hállanse ligados en forma directa al programa de investigaciones que el Departamento de Ciencias Antropológicas y Arqueología de la Universidad de Chile, viene realizando desde varios años en el Desierto de Atacama, Departamento del Loa, Provincia de Antofagasta, Chile.

Quizás nunca como en este tiempo, la naturaleza y sus recursos han sufrido tan claramente el impacto del hombre y su acervo tecnológico. La ciencia, haciendo uso de su valor crítico nos ha hecho ver los alcances fatales del desequilibrio ecológico apoyándose no sólo en situaciones concretas y conocidas sino en aquellas cuyo método permite diagnosticar sin equívoco; en forma paralela con su espíritu creador ha dado abertura a nuevas alternativas, de las cuales destaca por su significación la que trata de un mejor conocimiento, manejo y aprovechamiento de las tierras áridas por parte del hombre.

Consecuente con esta premisa y el espíritu que animó las Primeras Jornadas Interdisciplinarias de Estudio de las Zonas Áridas del Norte Chileno celebradas en el otoño de 1970 en La Serena, quien suscribe se haya abocado desde hace más de cuatro años al conocimiento y estudio de las Zonas Áridas Iberoamericanas insistiendo por razones obvias en la investigación ecológica del universo atacameño (1969-). El resultado de estas experiencias —enriquecidas por el diálogo permanente con otros especialistas— me ha permitido revitalizar y ecuacionar un variado mosaico de problemas que precisamos resolver. Tales interrogantes, en su contexto

general y por su contenido caen en el ámbito de la Ecología planteándose a dos niveles: la ecología actual del Departamento del Loa y aquéllas vinculadas con la Paleoecología de este territorio durante el Cuaternario Superior.

En el primer nivel, destaca y resume a todas ellas, el desconocimiento ecológico del medio ambiente y el valor de los recursos naturales específicos del área lo que limita actualmente el abordaje que otros especialistas puedan realizar en ésta, de modo especial el de los antropólogos. Para ello estimamos que la Ecología es la disciplina que más se ajusta a nuestras necesidades y objetivos. Portadora de un lenguaje preciso y moderno consideramos a esta joven ciencia no como el patrimonio de un especialista determinado, sino, como una herramienta básica del investigador actual en Ciencias de la Tierra, de modo especial de aquel que liga con la ardua tarea de integrar y relacionar las múltiples variables del medio geográfico. Concordamos además con DI CASTRI, cuando dice: "Las posibilidades para el estudio de ecosistemas en Chile y América latina... deben limitarse por el momento a trabajos elementales pero básicos de las biocenosis y a los caracteres de sus componentes, las especies". (1964: 107). Por lo tanto en este estudio analizaremos el *aspecto estructural del Ecosistema del Pedimento Árido*, mediante el estudio etológico de algunas de sus especies dominantes, destacando sus relaciones con el medio físico o biótomo que tiene para nosotros especial importancia¹.

¹Pós-graduando do Depto. de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas e esta-

I. EL DESIERTO DE ATACAMA

En primer término nos parece de gran utilidad realizar un breve examen de las originales características físicas que reúne el Desierto de Atacama del cual hemos estudiado uno de sus sectores más orientales.

Prolongación meridional del llamado desierto costero peruano-chileno, el Desierto de Atacama ubícase en la fachada occidental de la Cordillera de los Andes, teniendo como extensión la región que va desde el Río Lluta en la zona limítrofe con Perú, hasta el cordón montañoso ubicado al norte del Río Copiapó en la Provincia de Atacama². Este complejo paisajístico pertenece por definición a un mundo mineral. La ausencia de cubierta vegetal favorece el estudio de la estructura del relieve que se presenta de una manera nítida por casi todas partes.

Distínguense aquí los tres cuerpos del relieve chileno: dos *Cordilleras* y una *Planicie Central*. La parte más alta en los Andes, la constituye la llamada *Puna de Atacama*, que encierra un conjunto de altiplanicies rellenadas por sedimentos volcánicos, sobre los cuales toman posición algunos salares y una gran cantidad de volcanes cuaternarios que a veces aislados o en grupo determinan la línea de altas cumbres. Su límite sur está dado por el Macizo del Salado, cuyas cotas de 6.000 a 7.000 metros nos dan el sector más alto de toda la Cordillera de los Andes. Son los volcanes el rasgo distintivo que diferencia este sector andino de aquel ubicado inmediatamente más al sur, su gran abundancia y extensión compromete una parte del Altiplano boliviano y Puna argentina. Desde una

giario do Institute de Geografia da Universidade de Sao Paulo (u. s. p.). Investigador a cargo de la Sección Paleocología del Departamento de Ciencias Antropológicas y Arqueología de la Universidad de Chile.

Este artículo resumido por razones de espacio, forma parte del siguiente estudio inédito: Ochsenius, Claudio (1972), *Contribución a la Ecología y Paleocología de la Puna de Atacama, Chile*, 74 págs., 5 láminas, 20 fotografías, 1 plano más bibliografía. Departamento de Geografía, U. S. P.

Las autoreferencias citadas en este resumen implican una análisis más detallado de los temas tratados.

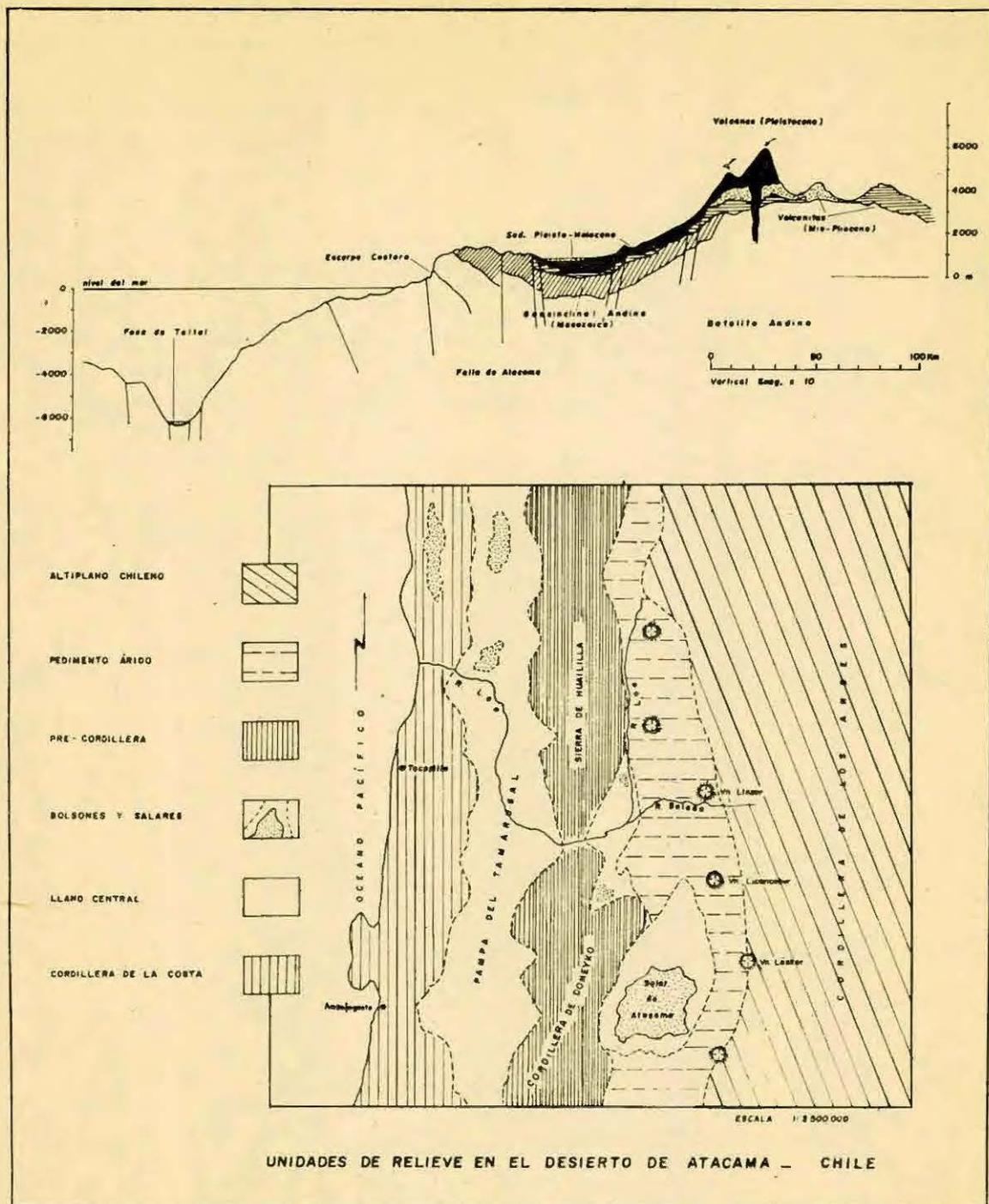
óptica geográfica, esta imponente barrera montañosa no ha detenido las comunicaciones transcordilleranas que se efectúan a través de *pasos* a más de 4.000 metros y cuyo ejemplo más notable lo constituyen los ferrocarriles que unen los puertos de Antofagasta y Arica con la ciudad de La Paz.

La Planicie Central, que en la Patagonia abarca desde el Océano Pacífico hasta el límite con Argentina —pues allí no existen propiamente las cordilleras de los Andes y de la Costa, llámase aquí Pampa del Tamarugal, sugestivo nombre que nos recuerda las asociaciones de *Prosopis tamarugo*, árbol existente a la llegada de los españoles en 1536. Esta meseta tubular de gran regularidad orográfica, hállase a una altura media de 1.100 metros y los cambios bruscos de pendiente están aquí ausentes. En su contacto con la Puna de Atacama, su relieve de piedemonte es muy claro, caracterizándose por la abundancia de conos aluviales coalescentes. En dirección de su eje central cobran importancia los depósitos de relleno compuestos de arenas, arcillas, rodados avenidales y extensas pampas salitreras. La predominancia de elementos angulosos en vez de las clásicas acumulaciones dunarias de los desiertos subtropicales, le ha merecido la denominación de *desierto rocoso*. Esta visión de un todo estático, sólo se ve interrumpida por los pocos cursos de aguas de origen andino que cruzan esta planicie en dirección al mar. En nuestra provincia sólo el Río Loa.

La Cordillera de la Costa, de menor envergadura que la anterior, conforma una faja montañosa de 500 a 700 metros construida en rocas eruptivas y sedimentarias; sus vertientes suaves, hállanse cubiertas de un manto detrítico producto de la intensa fragmentación mecánica o de la acción haloclástica³ que su vertiente pacífica ofrece a las neblinas de origen marino o *camanchacas*. No obstan-

²Sus diez grados de latitud (17 a 27° sur) y sus 200.000 km², engloban las provincias nortinas de Tarapacá, Antofagasta y la parte norte de Atacama.

³Fenómeno conocido en geomorfología también, con el nombre de *Salzsprengung*.



te el abrupto que forma esta cordillera en dirección al mar (600 metros de desnivel), se observan pequeñas terrazas marinas. En ellos el hombre levantó las principales ciudades y puertos que hasta hoy subsisten.

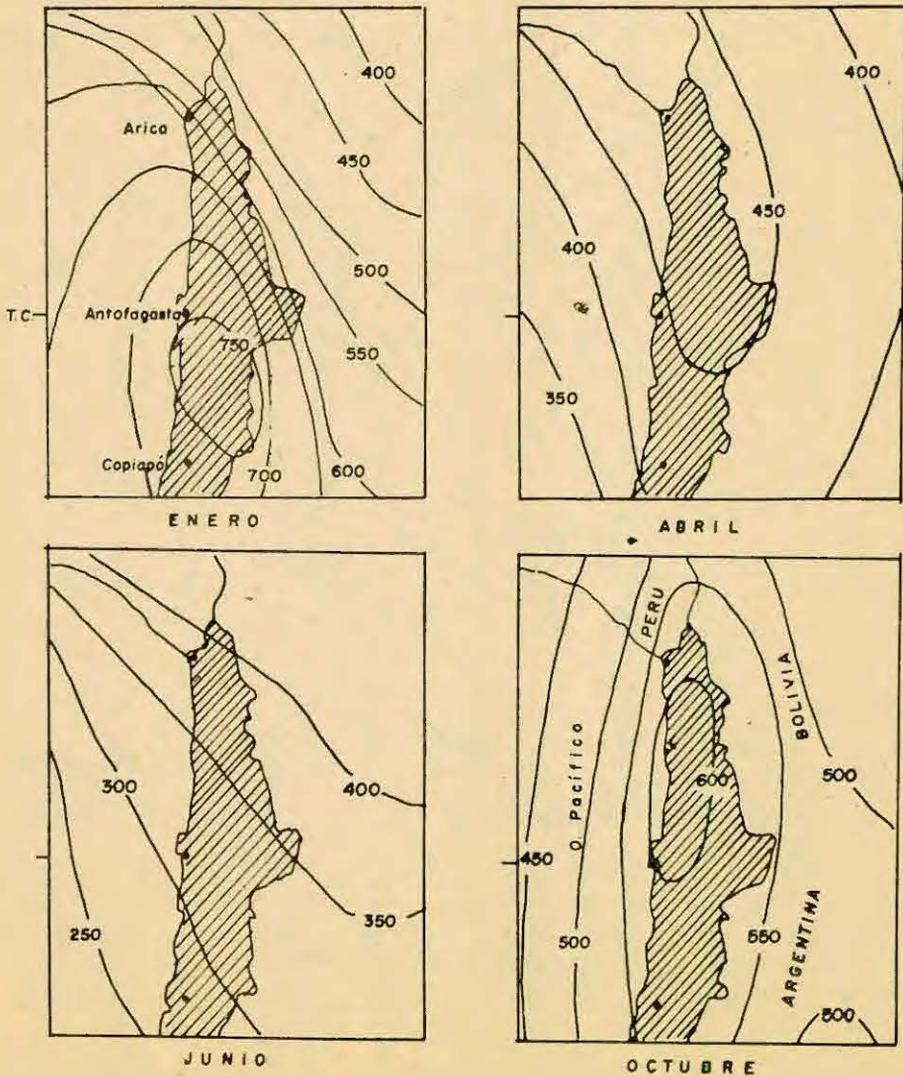
En este sector y bajo la superficie del mar toma posición una gran fosa marina, que desde el puerto de Caldera por el sur, hasta

el puerto de Antofagasta en el norte (24 a 27° S), define una unidad semitubular de más de 6.000 metros de profundidad, dando origen al mayor desnivel del globo, esto es: entre el Volcán Llullaillaco (6.750 metros) y la Fosa de Taltal (-7.640 metros) existen en menos de 400 Km. una diferencia de 14.400 metros.

Respecto de las características climáticas del Desierto de Atacama, debemos resaltar una cuestión fundamental:

"La falta de agua o la dificultad por conseguirla ha sido en el pasado y en nuestros días, el principal factor limitante de una ocupación humana permanente. Esta dependencia hace que las actividades económicas que aquí se realizan estén marcadas por el sello de la inestabilidad, sea en los procesos espasmódicos que sufre la minería, o bien, en la lucha desigual de una agricultura de subsistencia en función de escasos oasis y aguas andinas".

Las causas que originan esta aridez subtropical, responden por una parte a variables climáticas y por otra a factores de orden geomorfológico. La existencia durante todo el año de las altas presiones subtropicales (18 a 25°S) hacen que las masas de aire pierdan por descenso su poca humedad por evaporación. Asociadas aparecen las altas temperaturas del Trópico del Capricornio que determina la implantación del mayor Núcleo de insolación de Sudamérica, especialmente durante el solsticio de verano. (Ver gráfico de isopletas).



ISOPLETAS DEL DESIERTO DE ATACAMA - CHILE

(g.cal/cm² día) según HIRSCHMANN. - 1962

Junto al litoral ubícase la Corriente Fría de Humboldt.

Este flujo de surgencia, que encuentra su origen mucho más al sur en la Corriente de Deriva Antártica, impide el paso de masas de aire húmedo provenientes del Océano Pacífico al transmitirles su baja temperatura, razón por la cual el aire más denso tiende a bajar produciéndose un estancamiento de masas de aire junto a la costa y cuyo producto son las condensaciones en forma de neblinas marinas. Esta corriente fría, es también responsable que desde esta región hasta el norte del Perú tengamos, tal vez las temperaturas más uniformes del globo en superficie equivalente. La anomalía térmica negativa (3 a 5°C menos), dispone que la longitud reemplace a la latitud en la determinación de las temperaturas.

Entre otros factores, la orografía descrita debe tenerse en cuenta para explicar esta aridez. La Cordillera de la Costa, impide a través de su acantilado el avance de las camanchacas hacia el interior del desierto, por su parte el edificio andino y la altura de sus cumbres limitan el paso de masas de aire húmedo provenientes de la fachada atlántica; sólo un reducido aporte de esta circulación alógena, se manifiesta durante el verano en la Puna de Atacama a través de lluvias orográficas y nieve en la alta montaña (sobre los 3.000 metros); paradójicamente este período es denominado en la región de "invierno boliviano". En relación con estos antecedentes, aparece una atmósfera seca y transparente de alto coeficiente de transmisión solar. Debido a la escasa nubosidad y ausencia de una capa de vegetación continua, la irradiación nocturna también presentará valores elevados.

Resumiendo estas originales características y conforme a las ideas de Mortensen sobre el Desierto de Atacama, diremos que nos hallamos en presencia de un desierto absoluto, un superdesierto.

II. GEOMORFOLOGIA SECTORIAL DE LA PUNA DE ATACAMA

La Puna de Atacama en los Andes de Chile y Argentina, constituye dentro de la compartimentación orográfica de los Andes Centrales su unidad más meridional, conformando un imponente macizo cuyas alturas sobrepasan los 3.000 metros sobre el nivel del mar. Para BOWMAN (1942 : 306) la Puna de Atacama es el nombre colectivo dado a las cuencas, valles, salares, nudos de montaña, cadenas y depósitos aluviales de piedmonte que son los caracteres topográficos y de drenaje principales de una extensa faja de tierra excesivamente fría y alta. El contraste altimétrico entre las cuencas chatas y planas que se ubican a una altura media de 3.600 metros y las abruptas cumbres distribuidas sobre el nivel de éstas con alturas de 300 a 1.500 metros, constituyen uno de los rasgos más distintivos de la morfología puneña. Los sistemas de cuencas se hallan definidos por un drenaje centrípeto carente de drenaje exterior. Este endorreísmo generalizado, así como los sedimentos biomineralógicos que él implica, nos están indicando un origen discrepante con relación a la aridez actual del clima, es decir, con relación a la desecación creciente y continua que define a la actual Puna de Atacama. Dicho fenómeno nos hace inferir que durante el Pleistoceno y Holoceno habrían tenido lugar aquí, importantes pulsaciones climáticas de húmedo a seco. De otra parte es oportuno señalar que si bien la Puna de Atacama ha llegado a constituir una región hidrográfica independiente y de rasgos originales, no debemos abusar del criterio climatológico ya que sin duda como opina KEIDEL (1927 : 295) constituye una facción geomorfológica heredada de una compleja evolución estructural que trataremos de esbozar a continuación. Al parecer, la compartimentación morfológica de la Puna de Atacama en el Departamento del Loa, comienza ya en el Secundario y se prolonga hasta el Cuaternario. En efecto según SANTANA, "las acciones tangenciales y compresivas que se desarrollaron durante el Mesozoico esbozan algunas de las grandes

unidades estructurales como los Bloques de Ayquina, la Sierra de Huailillas, la Cordillera de Domeyko y la Cuenca de Calama". (1967 : 26). Durante el Cenozoico, esta orogenia es reemplazada por una tectónica diferencial de bloques que genera durante el Terciario Superior y Pleistoceno una importante emisión de lavas riolíticas fisurales y de lavas basálticas a través de un relevante volcanismo central (OCHSENIUS, 1972 : 29-30, 64).

De estos primeros antecedentes, podemos concluir que nuestra área de observaciones se inserta en un paisaje de antecedentes básicamente estructurales, descansando ella en la Rampa Volcánica⁴ que pone en relación el Altiplano Boliviano con la Cuenca de Calama. Dicho contacto por el oriente con la fosa altiplánica hállase interrumpido por una gran cantidad de aparatos volcánicos que por su envergadura y continuidad hacen de esta barrera montañosa (Andes) un importante factor como un divisor climático e hidrográfico. Si nos trasladamos al límite occidental de este plano inclinado estructural hallaremos la Cuenca de Calama. Esta depresión que es probablemente un *graben* en fase de relleno, encierra un conjunto de bolsones dispuestos a una altura media de 2.500 metros conformando un rosario de microcuencas rellenas de sedimentos continentales pleistocénicos. Estos depósitos denominados por su naturaleza de *salares* aliníanse preferentemente siguiendo los rumbos NO, SE de las dos cordilleras y cuyos ejemplos más notables son los salares de Cere (2.651 metros), Talabre e Isla Grande (2.467 metros). Un poco más al sur, y de gran extensión aparece la Cuenca del Salar de Atacama (2.350 metros) cuyo origen y evolución es de carácter similar a la anterior. Podemos agregar que las cuencas mencionadas representan un importante documentario paleoecológico cuyo estudio nos preocupa actualmente (OCHSENIUS, 1972 : 38-41).

1. EL PEDIMENTO ARIDO CONSECUENTE O RAMPA VOLCÁNICA.

El Volcanismo generador de este gran plano inclinado, lo encontramos como ya hemos citado, en las sucesivas efusiones de ignimbritas que a partir del Mioceno cubren gran parte del Norte Arido de Chile.

Las rocas componentes de la Formación Riolítica desarrollaron una nueva morfología al fosilizar o ahogar parcialmente un relieve de edad geológica antigua⁵, sólo al finalizar este volcanismo fisural a comienzos del Pleistoceno es cuando se produce el último alzamiento de la Cordillera de los Andes y la fractura de esta rampa bajo una intensa tectónica diferencial de bloques. A lo largo de esta estructura homoclinal que se extiende del piedemonte del macizo andino (3.500 metros) hasta la Cuenca de Calama (2.500 metros), se distinguen varios escalones que descienden hacia el poniente; responsable de estos planos escalonados sería una tectónica de falla reciente o el calco de las riolíticas sobre estructuras preexistentes (SANTANA, 1967 : 24). Sobre dicho plano inclinado riolítico aparece formando un delgado pero extenso depósito una cubierta conglomerádica sedimentaria, claro testimonio de los procesos erosivos que han actuado en la alta montaña durante el Cuaternario y cuya evolución se halla directamente relacionada al nivel de base general del sector representado hoy por la Cuenca de Calama (OCHSENIUS, 1972 : 31-32, 64-65).

Responsable del acarreo de tan grandiosos y extensos aluviones, son los *sheetflood* o *mantos de creciente*. Los mantos de creciente representan masas de agua derivadas de bre-

⁴Esta unidad morfológica se desarrolla a expensas de la Formación Riolítica (BRÜGGEN, 1950, GONZÁLEZ, 1969) o Formación Altos de Pica (DIGMANN, 1965). Su contacto con la Cuenca de Calama, lo hemos detectado en el punto denominado Visoco (2.663 m.), lugar en que la Formación Riolítica se hunde bajo la extensa cubierta sedimentaria, para luego reaparecer en la Cordillera de Domeyko.

⁵Tal es el caso de los Cerros de Ayquina, relieve residual compuesto de rocas fundamentales.

ves pero intensas lluvias. Ellos fluyen a impulsos por un sistema de arroyos pequeños y entrelazados los que realizan el transporte de rodados y detritos.

En su análisis geomorfológico sobre los planos inclinados del Norte Arido de Chile, BÖRGEL (1965) señala que debemos distinguir en su perfil transversal, dos mecanismos morfogenéticos responsables de su evolución. De esta manera el sector ubicado entre los 2.500 y los 3.000 metros conforma un claro *pediment* en el que el plano inclinado reposa directamente sobre la roca fundamental en franco estado de meteorización (en nuestro caso rocas ignimbríticas). Por su parte, el sector más bajo del plano "está formado por una cubierta de arenas gruesas y finas, en tránsito de transporte hacia las playas de sedimentación situadas en las pampas (o salares), las que funcionan como llano de base inferior para la acumulación de estos materiales (*playas*). Este sector inferior recibe el nombre de *glacis*". (op. cit. 21).

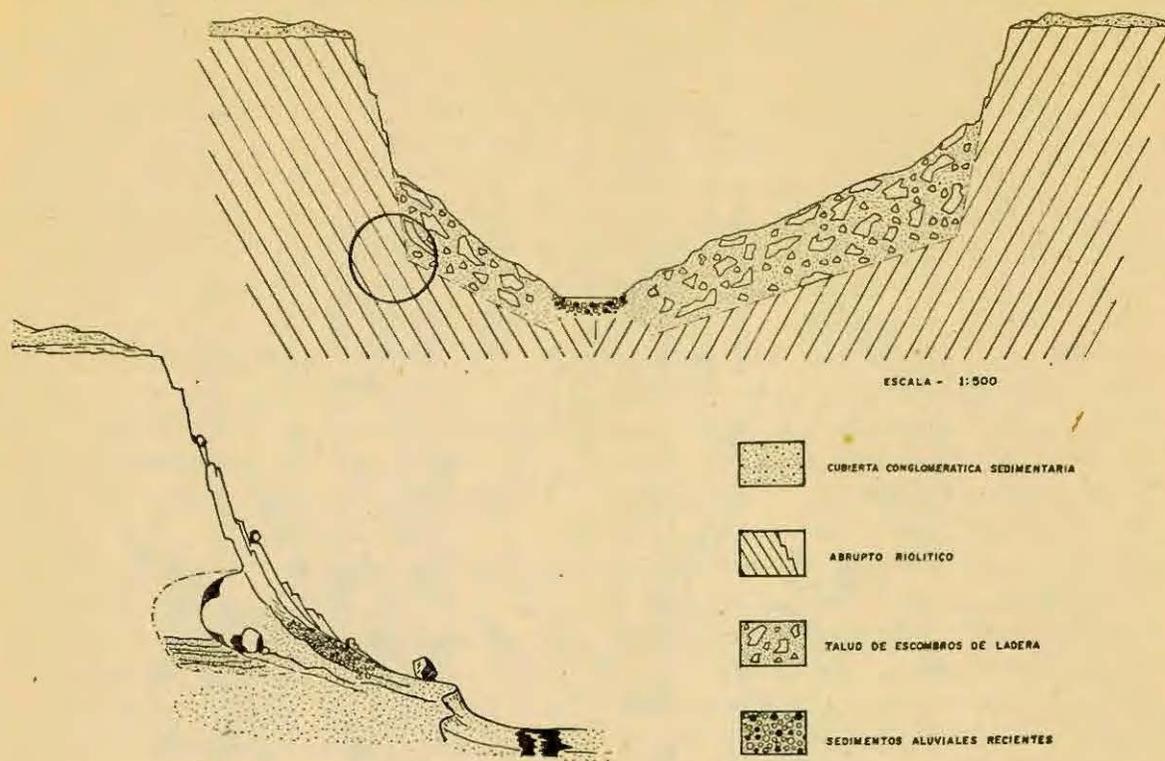
a) *Los cañones*

Los ángulos de visión rasantes impiden en esta superficie monótona, suponer la existencia de angostos y profundos *cañones* cuyas paredes subverticales (40-60 m.) se han elaborado en el manto de riolitas. Por ellos escurren actualmente algunos cursos importantes como el río Salado y Toconce a los cuales se asocian numerosos riachuelos estacionales como el Caspana o los arroyos Curti, Turicuna y Chilcal. De todos el río Salado es el más significativo ya que se comporta como el nivel de base local en que desagúan todos los ya mencionados.

Respecto al origen de la actual red hidrográfica, hemos formulado la siguiente hipótesis: Suponemos que estos cañones se han tallado siguiendo un complejo sistema de fracturas y diaclasas —hecho perfectamente observable en las fotos aéreas—, dichas líneas de debilidad estructural, se habrían generado durante la fase de enfriamiento de las ignim-

britas de Puripica y del Sifón, así como de las importantes contracciones que debió incluir ese proceso. Posteriormente, una tectónica de falla reactiva en la Cuenca de Calama ha determinado un cambio en el nivel de base promulgando así, una rápida evolución de estos *valles epigénicos*. Un último factor de indiscutible importancia que ha participado en esta grandiosa morfogénesis, ha sido el Gran Pluvial del Pleistoceno, el que mediante un incremento notorio del escurrimiento y las precipitaciones ha favorecido el mecanismo de entallamiento (OCHSENIUS, 1972 : 29). Hoy junto a la débil erosión lineal y lateral de los ríos, se encuentran por lo menos dos mecanismos que atacan a la riolita, ellos son la *gelifracción* y la *termoclastia*. El primero se hace presente bajo dos modalidades: macro y microgelifracción que actúan en consideración de los siguientes factores: 1) Existencia de una extensa red de diaclasas; 2) una altura media de 3.500 metros a la que se asocian elementos climáticos como: lluvias estacionales que concentradas en fuertes aguaceros que impactan o infiltran con todo su vigor en las rocas desprovistas de vegetación (Toconce anota un valor medio anual de lluvias del orden de los 190 mm.); 3) una elevada amplitud térmica del orden de los 35°C de promedio define un ambiente físico extremo. Estas variables, además de la alta sismicidad del área implican el desprendimiento de grandes bloques de riolitas desde el rectilíneo escarpe. El segundo mecanismo solidario al primero actúa aún sin las aguas de carácter estacional favorecido básicamente por la elevada amplitud térmica que va al igual que el caso anterior desde - 10 a 25°C como media. También las propiedades mineralógicas favorecen esta degradación; alto porcentaje de biotita pseudo hexagonal, constituyen los minerales más alterables por la presencia de hierro y magnesio y por la gran superficie que ofrecen sus laminillas a la hidratación o dilatación, a ellas se agregan otros elementos inestables que son los feldespatos en los cuales es suficiente una alteración

CORTE TRANSVERSAL EN EL SALADO Y ALERO TOCONCE



periférica de los cristales para destruir la cohesión de la riolita^{5a}.

Concluyendo diremos que en este ambiente geomorfológico, destacan dos mecanismos en la evolución actual de los cañones, el primero lo constituye la sepultación parcial del abrupto riolítico bajo los sedimentos de cubierta a la que se suma la degradación de la riolita por fragmentación mecánica de modo especial en las laderas de solana. El segundo es un proceso de acumulación definido por el desarrollo progresivo de los taludes de escombros (30°) que dada la actual impotencia de cursos fluviales de tipo árido, destina a estas profundas incisiones a rellenarse lentamente. (Ver corte transversal en el Río Salado).

III. EL ECOSISTEMA DEL PEDIMENTO ARIDO

Esta unidad geocológica de la Puna de Atacama corresponde según nuestra opinión a un claro apéndice bioclimático y cultural de

la Puna o Altiplano⁶. La Puna se define por ser primeramente una formación vegetal xerófila del Reino Floral Andino compuesta básicamente por asociaciones de gramíneas (*Stipa*, *Festuca*), cojines espinosos (*Azorella*, *Laretia*) y algunas comunidades de arbustos (*Polylepsis*) o subarbustos de tipo estépico (*Fabiana*, *Adesmia*). Su desarrollo altitudinal entre los 3.000 y 5.000 metros corresponde al piso ecológico de las *tierras frías* de los Andes Centrales. El elemento faunístico por excelencia lo constituyen los auquénidos (llamas, alpacas y vicuñas) que pueden servir de

^{5a}Sin embargo debemos tener también en cuenta el escurrimiento difuso (sheetflood) de las aguas meteóricas, las cuales arrastran hasta el escarpe gran cantidad de detritos heterométricos. También en este sector de inestabilidad el arrastramiento (creeping) por gravedad alimenta de fragmentos individuales los taludes de escombros.

⁶El área escogida para nuestras observaciones se sitúa entre las siguientes coordenadas: 22° 11', 22° 45' S y 68° 00', 68° 30' W entre las cotas de 2.700 y 4.800 metros.

sensible indicador para la delimitación del universo puneño.

Los siguientes territorios del Altiplano y su borde occidental reflejan la amplitud geográfica de la Puna: al norte incluye casi la totalidad de la Meseta Peruana que se sitúa a una altura media de 3.600 metros (provincias de Huancavélica, Ayacucho, Cuzco y Puno), prosiguiendo hacia el sur pasa por el eje central del Lago Titicaca a 3.850 metros, incorporando toda la Fosa Boliviana y gran parte de la Cordillera Occidental. En este último sector que compromete parte de las provincias de Salta y Jujuy en el NW argentino y de Tarapacá y Antofagasta en el norte chileno, que integradas en un solo conjunto conforman la llamada Puna de Atacama.

1. *Antecedentes Humanos.* Respecto de las características básicas de la población de origen altiplánico que vive en el Pedimento Arido, podemos decir que es raleada y escasa, obedeciendo su distribución a factores tanto de orden físico como históricos.

La presencia permanente de agua para el riego y la bebida determinan la norma de los emplazamientos que se sitúan junto a los ríos como el caso de Caspana, o sobre ellos cuando los profundos cañones no ofrecen terrazas fluviales amplias como ocurre en los pueblos de Ayquina y Toconce suspendidos a más de 50 metros sobre los abruptos riolíticos de los ríos Salado y Toconce, respectivamente.

La organización social del hombre puneño está dada por *comunidades* dedicadas a una economía agropastoril de tipo tradicional, que al igual que su biología, cultura y tradición, descansan aún sobre el pasado indígena.

Como alcance conviene señalar que estas entidades están sufriendo de manera lenta pero progresiva el impacto de las industrias extractivas de Chuquicamata y de la creciente urbanización de la ciudad de Calama, ambas con caracteres de centros motores en la organización económica del desierto antofagastino. Las repercusiones que dicho fenómeno

pueda tener en la organización humana del Pedimento Arido, forman parte de las tareas de investigación de este Departamento⁷, por lo que en este trabajo sólo serán examinadas en función de sus relaciones con la biocenosis a modo de destacar algunas de sus acciones consumidoras y depredativas.

A. *La altura y los elementos del biotopo.* Las condiciones físicas del espacio andino y preandino impondrán a plantas y animales, una serie de alteraciones a través de los agentes abióticos que a continuación pasamos a analizar.

1. *La radiación solar y las temperaturas.* A la luz de recientes investigaciones (HIRSCHMANN, 1962. CAVIEDES, 1967) es posible conocer la dinámica que gobierna al Núcleo de Insolación de América del Sur. Dicho fenómeno ubícase en los meses de enero y febrero dentro de la provincia de Antofagasta, siendo su posición nítidamente continental; a partir de marzo éste se ha desplazado al norte, siguiendo la marcha del sol. En este lapso y perdiendo su emplazamiento rectilíneo, alérgase según la flexión costera límite chileno-peruana, para enseguida tomar una ubicación permanente en la amazonia peruano-boliviana donde está presente a lo largo de todo el invierno.

Con la llegada de septiembre, tiene lugar un nuevo desplazamiento hacia el litoral de Chile tarapaqueño y sur del Perú para finalmente a partir de octubre tomar nuevamente su posición tubular cuyo eje axial se proyectará claramente sobre la Pampa del Tamarugal (ver gráfico de isopletras). Este mecanismo determina que nuestra área sea por excelencia una de las regiones de la Tierra más afectadas por el monto anual de radiación solar y siendo esta de alta importancia para el funcionamiento del Ecosistema. Por su parte las temperaturas, explícense en relación directa con el movimiento solar tanto anual

⁷Hernández, Roberto, "Chiu-Chiu: estudio de una comunidad". Depto. de Ciencias Antropológicas y Arqueología, Universidad de Chile (en prepar.).

como en su ciclo diario aparente. En otras palabras, las temperaturas estarán reflejadas por la cantidad de radiación e irradiación que se manifiestan en el Ecosistema y que como veremos más adelante alcanza valores extraordinarios. La fuerte amplitud térmica entre la noche y el día otorgan al clima de la Puna características típicas de continentalidad. En invierno, a partir de las 18 horas comienza a bajar la temperatura llegando a los -10°C de promedio, mientras que en el día la marca asciende a 25°C de promedio. En verano la variación no es tan pronunciada y oscila entre los 2° y 32°C , aunque no es sorprendente que la columna mercurial anote marcas bajo cero durante la noche. De acuerdo con éstos podemos señalar que la amplitud térmica diaria tanto en invierno como en verano pueden alcanzar los 35°C de promedio anual; por analogía esta área sería comparable con un campo de nieve capaz de reflejar más de dos tercios de la radiación solar incidente debido a su alto albedo. Seguidamente damos a conocer a modo de ejemplo, los valores de insolación de dos estaciones. La primera es Chuquicamata⁸, que por encontrarse a poca distancia del Ecosistema hemos considerado de gran importancia y vigencia. La segunda es Santiago⁹, de clima franco mediterráneo y que se ubica a una distancia aproximada de 1.500 km. más al sur. Sus curvas de valores nos servirá para una comparación cuantitativa del monto de radiación solar anual efectiva. A través del gráfico hemos podido deducir una importante diferencia entre las dos estaciones¹⁰:

Chuquicamata	1.884.000 kcal/m ² /año
Santiago	1.227.000 kcal/m ² /año
DIFERENCIA	657.000 kcal/m ² /año

Esta gran capacidad potencial para las funciones de fotosíntesis, se ve limitada casi en la misma escala por la deficiencia de agua. Una productividad primaria alta sólo sería posible con un mejor empleo y manejo de los recursos hídricos que en gran medida son utilizados hoy en áreas alógenas al Ecosistema del Pedimento Árido.

Por otra parte, la transpiración tiende a aumentar en los vegetales, lo que determina un engrosamiento y cutinización de la epidermis, fenómeno que generalmente va acompañado con el hundimiento de los estomas. Además, el frío intenso del invierno y las bajas temperaturas nocturnas resultan en muchos casos letales al plasma celular, limitando el período de crecimiento vegetativo en el tiempo y espacio. Preocupados con un mejor conocimiento de estas limitantes ecológicas, hemos realizado un levantamiento de las "modernas" estaciones meteorológicas existentes en el área y que en un perfil E-W son las siguientes: Geysers del Tatío (4.200 m.); Bocatoma del Linzor (3.800 m.); Toconce (3.300 m.); San Pedro de Conchi (3.017 m.); San Pedro de Atacama (2.436 m.); Chiu-Chiu (2.500 m.); Ayquina 3.030 m.); Calama (2.266 m.) y Chuquicamata (2.850 m.). De ellas, algunas poseen además de pluviómetro, anemómetro, termógrafo, etc., heliógrafos y actinógrafos que constituyen una importante fuente para el estudio de la radiación solar. Este interesante factor, nos abre la posibilidad de confeccionar en un futuro cercano diversos tipos de climatogramas que podrán esclarecer aspectos del biodinamismo del Ecosistema; sus limitantes más importantes y su potencialidad alimenticia (productividad primaria). Además, dichos datos climáticos nos permitirán concluir un perfil geocológico de esta unidad que une los Geysers del Tatío con la ciudad de Calama.

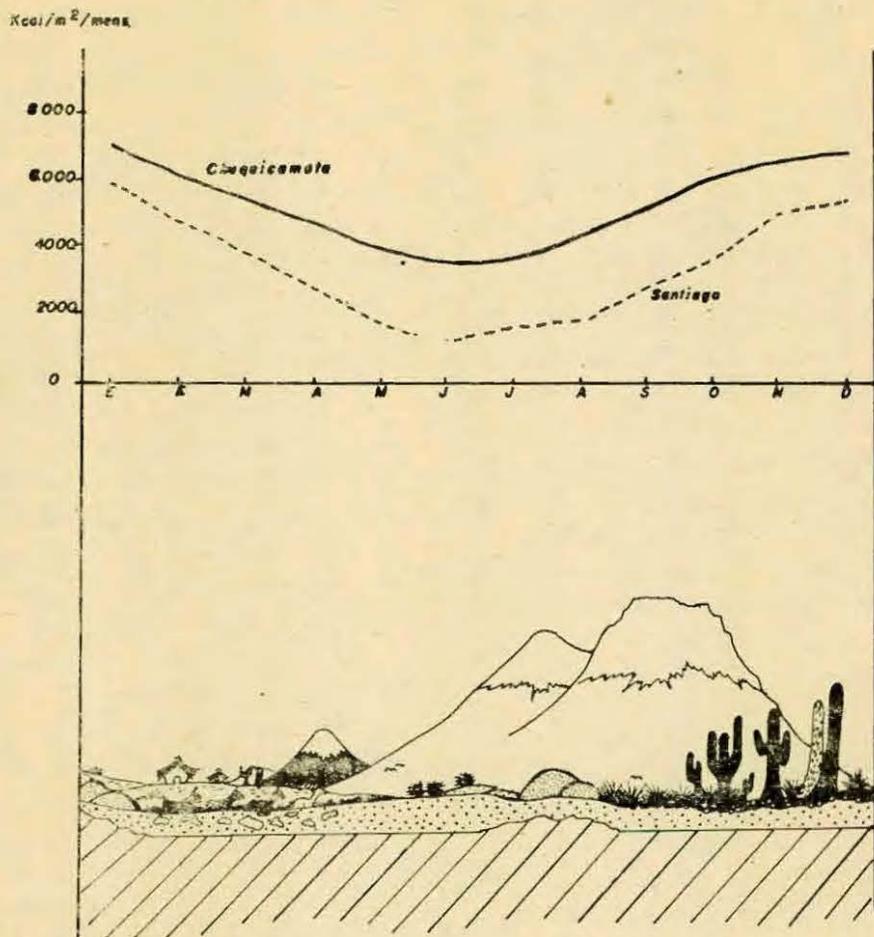
2. *La acción eólica.* La dinámica del viento logra su máximo vigor durante los meses de invierno y comienzos de primavera. Su intensidad es apreciable al generar grandes *polvaredas* que se ven favorecidas en algunos sitios por la disponibilidad de sedimentos finos, tales como arenas volcánicas (producto de la

⁸El mineral de Chuquicamata se sitúa a los $22^{\circ} 19' \text{ S}$ y $68^{\circ} 56' \text{ W}$ (2.850 m.).

⁹Santiago se ubica entre los $33^{\circ} 28' \text{ S}$ y los $70^{\circ} 45' \text{ W}$ (540 m.).

¹⁰Los datos para 1969 fueron obtenidos del Lab. de Energía Solar, URSM, Valparaíso.

CURVA DE RADIACION SOLAR Y CARACTERIZACION DEL
ECOSISTEMA DEL PEDIMIENTO ARIDO CONSECUENTE
(2500 - 4200 M.S.N.M.)



Auchenia loma o *Auchenia paco*
Stipa ichu



Cereus atacamensis
Opuntia sp.

Lleretia compacta
Azorella diapsoides



Cereus condalarii

Festuca orthocorylla; *Dromus* sp.
Muscicaxicola; *Oreopholus*; *Geositta*



Habitat punaño
Agriornis; *Cichlodes*; *Phrygilus*

Ptillepis terapacona



Habitat cavícola de
Ctenomys opimus

Sedimentos torrenciales y
suelcos de origen Volcánico



Formación Riolfiza

microgelifración) o arenas fluviales. Por otra parte, los recientes estudios arqueológicos y geográficos demuestran que la acción del viento ha sido más o menos constante en tiempos pasados, un ejemplo de lo dicho lo encontraremos en Turi, donde hemos constatado la existencia de paraderos de viento contruidos por grupos de pastores hacia el 1200 D. C. (ORELLANA, 1968 : 30). Referido a las plantas, estas fuertes corrientes de aire generarán un reforzamiento de los tejidos esclerenquimáticos dando lugar a tallos muy lignificados y resinosos, como también un aspecto ralo y achaparrado a la vegetación.

3. *La limitante edafológica.* Las plantas que se desarrollan sobre el Pedimento Arido deben obtener sus nutrientes a partir de una gama de suelos pobres que varían entre un típico litosol hasta un suelo franco arenoso, compuesto de cenizas volcánicas. Estos suelos esqueléticos registran una alta deficiencia en materia orgánica o una alta concentración de sales debido al mal drenaje (como es el caso de las Vegas de Turi).

4. *El déficit de oxígeno.* En este biotopo de altura el enrarecimiento del aire acusa una notoria deficiencia de oxígeno que alcanza valores hasta de la mitad del valor normal. Esto significa el desencadenamiento de importantes mecanismos de adaptación que tienden a mantener la hemeotaxis de los organismos animales —incluyendo al hombre— y que condicionaría las bases fisiológicas para la introducción de nuevas especies en el Ecosistema (ver gráfico de porcentaje de hematocritos en función de la altura).

B. *La Biocenosis: un estudio etológico de las especies.*

1. *La flora y el medio abiótico.* a) *Las Cactáceas* (2.500-3.000 m.). Optimos representantes del xeromorfismo del Pedimento Arido; constituyen las especies de mayor tamaño (2-6 m.). La orofilia común para la flora de esta área encuentra en ellas su máxima adaptación al crecer incluso en grietas y diaclasas de blo-

ques riolíticos (*Casmofitas*). En orden de importancia el *Cereus atacamensis* y *Cereus candelaris* son los que más abundan. También encontramos las formas cespitosas *Opuntia lagopus* y *Pilocereus*. Común es hallar en su base hierbas anuales que se benefician en forma indirecta de la humedad captada y acumulada por sus fuertes raíces geotrópicas. Su madera (2-4 cm. de espesor) es usada como todos los recursos del Ecosistema no extinguidos, desde los tiempos precolombinos siendo su uso común la confección de vigas, puertas y corrales para el ganado. Fuera de estas funciones no se le emplea como combustible hecho que pone en evidencia la valoración dada por el indígena a madera tan útil y resistente.

b) *Las Rosuladas* (3.500-5.000 m.). Llamadas comúnmente de "llaretales", son tal vez las especies más representativas del ambiente puneño. Su nivel de crecimiento alcanza alturas que exceden de los 4.000 m.; su aspecto es el de suaves cojines en que la reducción foliar a pequeñas escamas apretadas contra el talo impiden una elevada transpiración permitiendo así aminorar la fuerte oscilación térmica diaria mediante la acumulación de energía solar. Dicha forma de aloifilia es común a la *Azorella diapensoides* y *Laretia compacta* existentes en nuestra área. Estas hemicriptófitas debido a sus propiedades calóricas son un excelente combustible cuya explotación es posible proyectar a unos cuatro siglos de antigüedad, fecha en que esta región comienza a vivir una ocupación humana permanente. Hoy sin gran dificultad hemos visto grandes reservas en casas particulares que se ubican a gran distancia de su nicho geocológico, como por ejemplo en Chiu-Chiu, San Pedro de Atacama e incluso Calama.

c) *Las Gramíneas y Arbustivas* (3.000-5.000 m.). Las primeras preséntanse como una cubierta herbácea muy discontinua de fuerte color amarillo o verde. Sus exponentes originales son el ichu (*Stipa ichu*) y la paja brava (*Festuca orthophylla*) que forman manojos rígidos y aislados unos de otros en una adaptación para resistir el viento o eventualmente

la nieve. En la ruta que lleva desde la comunidad de Toconce a los Geysers del Tatío, pasando por el puesto de Linzor, hemos podido observar que la densidad poblacional de éstas crece con relación a la altura y exposición solar o lo que como es lógico se asocia un incremento en la humedad. En los Geysers del Tatío (4.200 m.) las hemos encontrado incluso sobre suelos poligonales (*Stipa frigida*), lo que demuestra para estas duríherbosas una resistencia a las bajas temperaturas. También a ella el natural les ha encontrado su aplicación doméstica como, por ejemplo, en el reemplazo de las tejas de arcillas por tupidísimos tejidos de *Festuca orthophylla* que cumple la misma función que los techos de musgos de los países nórdicos, ello es posible de constatar en los techos de casas e iglesias de Cupo, Toconce, Turi, Ayquina y Caspana, entre otros asentamientos indígenas.

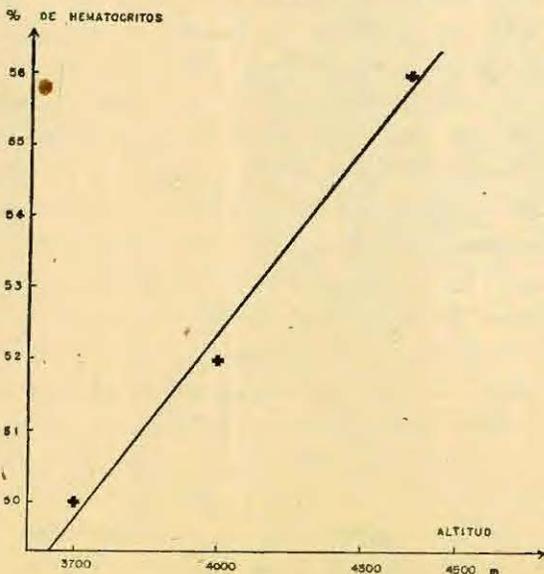
En los cañones donde fluyen escuálidos ríos como el Toconce, Salado, Caspana o arroyos como el Curti y Turicuna, aparecen individualizando el microambiente *Hordeum comosum* y pequeños arbustos (*Polylepis tarapacana*) y subarbustos (*Fabiana*, *Adesmia*). Los arbustos del género *Polylepis* y *Bacharis* constituyen los últimos vestigios de lo que

fuera un recurso ampliamente difundido en el Ecosistema ("tolares"). Tanto aquí en los profundos cañones como sobre el Pedimento es posible encontrar durante la época de lluvias, pequeñas efímeras de corto período vegetativo (geófitas) que reflejan de modo claro la criptobiosis estacional impuesta por un biotopo de caracteres extremos.

d) *Las Briofitas y Algas* (3.000-5.000 m.). En los ambientes más húmedos como los abruptos riolíticos de umbría de los ríos Salado y Toconce, aparecen pequeñas manchas de vegetación pionera compuestas de musgos y líquenes (saxícolas o litófitas). De gran originalidad como nichos geocológicos son los "ojos" o fuentes termales que según el tenor de salinidad y temperatura sustentan una interesante colonización; *cianofíceas* en el sector de las Termas de Turi, terrazas de los ríos Salado y Toconce o *rodofíceas termófilas* en las vadosas aguas de los Geysers del Tatío, donde llegan a resistir temperaturas superiores a 60°C.

e) *Las Vegas: oasis de altura*. (3.000-4.000 m.). Para finalizar la descripción y análisis ecológico, diremos algo sobre estos oasis de vital importancia en la primitiva organización económica del Ecosistema.

Las vegas son cubiertas continuas de pasto halófilo (*Stipa ichu*, *Distichia muscoide*) generados en sitios de mal drenaje y sobre suelos impermeables y alcalinos. Son estos oasis andinos junto a las pequeñas terrazas de los ríos, los puntos exclusivos en que gravitan los asentamientos indígenas dedicados al pastoreo sedentario y a una agricultura de subsistencia de tipo tradicional. A estos pastos naturales de tiempo lluvioso se asocian cultivos pequeños de forrajeras como la alfalfa, con la que suplen la escasez de pienso durante el período seco y que son mantenidos a través de irrigación artificial (a veces aprovechando el agua de pozos termales como es el caso de Turi). Esto no excluye además los cultivos de chácara destinados al consumo individual o comunitario, cuyo interés en concepto de densidad, diversidad y productividad, serán objeto de otro estudio.



VARIACION DE LA CANTIDAD DE LOS GLOBULOS ROJOS EN FUNCION DE LA ALTURA PARA LOS INDIGENAS DE LAS ALTAS MESETAS ANDINAS. Según RUFFIE (et.) LARROUY - 1966

Diremos para finalizar, que cualquier forma vegetal por insignificante que sea, adquiere en este desierto de altura una alta significación como elementos exclusivos en la fijación de arenas y gestación de horizontes humíferos.

2. *La fauna y el medio abiótico.* El medio desértico y sus variables abióticas también crean serias imposiciones a los organismos que allí intentan establecerse. De todas ellas la relación biunívoca agua-radiación solar, es una de las más importantes ya que determina una deshidratación creciente que sólo pueden resistir aquellos organismos portadores de finos mecanismos autorreguladores de adaptación; ejemplo notable de esta capacidad lo encontramos en los roedores (*Gebillus*, *Ctenomys*), quienes pueden sobrevivir sin beber agua durante toda su existencia (ROSEMANN, 1959 : 51). Su secreto está en la obtención de tan básico elemento a partir de la oxidación de lípidos e hidratos de carbono que se realiza normalmente durante los procesos metabólicos. El atesoramiento de agua como necesidad de vital importancia, los lleva a eliminar bajas cantidades de orina cuya concentración en electrólitos es muy alta.

La acción de las bajas temperaturas también influyen en la fisiología de otras especies: un desarrollo de vellones tupidísimos en los auquénidos (alpacas, llamas y vicuñas); densos plumajes (Pato Puna) o abundantes escamas pequeñas (como ocurre en los Quirquinchos). La pigmentación oscura de algunas especies como los reptiles determina una mayor absorción de radiaciones calóricas. Un amplio desarrollo de la vida cavícola en los roedores o un angostamiento de las narices en los auquénidos también representan adaptaciones para resistir el frío. Durante el invierno, caen en letargo un elevado número de especies como la laucha andina (*Akodon andinus*) y casi la totalidad de insectos y pequeños reptiles. Los organismos superiores como los auquénidos en estado silvestre y aves de envergadura privados de la capacidad de hibernación, se ven forzados a emigrar a niveles más bajos y menos fríos.

C. *Las Acciones y Coacciones en el Ecosistema.*

En este medio geocológico las plantas dominantes caen bajo la presión de un gran número de animales que controlan en alto grado su forma y desarrollo. Destacan por su población los roedores herbívoros, llamados Tuco-Tuco (*Ctenomys opimus*, WAGNER). Esta especie de vida cavícola ataca comiendo desde el subsuelo las raicillas de las gramíneas; un claro ejemplo de esta acción lo hemos encontrado en las Vegas de Turi, ubicadas al norte de la comunidad de Ayquina. En este lugar los roedores han depredado y luego degradado casi la totalidad del borde W de la vega; esto es por lo menos 100 há. de las 800 há. que incluyen las Vegas de Turi, Ayquina y Paniri, ocasionando graves perjuicios a los pastores del sector. Dicho fenómeno destaca un desajuste ecológico en la cadena alimentaria y cuya explicación sería la ausencia en el momento actual de un consumidor secundario, ya sea éste una variedad de felino extinguido (LATCHAM, 1926) o que el hombre perdió la antigua práctica de consumirlos, esto último fue probado con la excavación del Alero Toconce realizada por nuestro equipo (en ORELLANA, 1970 : 122).

Entre los mamíferos de mayor tamaño se encuentran en relativa abundancia los llamos, seguidos por los ovinos y cabríos (especies introducidas por el hombre). El mal manejo del que han sido objeto ha ocasionado en la mayoría de los casos un sobrepastoreo de las vegas en que pacen. Asociadas a estos consumidores primarios, y ocupando el mismo nicho funcional, insectos y aves, conforman otros de los eslabones de la cadena alimentaria actual. Ellos aliméntanse casi exclusivamente de semillas y frutos, destacando por su población las perdices (*Nothoprocta*, *Muscisaxicola* y *Oreopholus*) que en la Hoya del río Salado realizan una significativa acción. Una lista completa de las aves observadas y recolectadas en el Ecosistema y los microambientes que ellas frecuentan, pueden conocerse en PEÑA (1968: 8-11).

1. *El hombre y el Ecosistema del Pedimento Arido*. En su estudio sobre la ecología de la cordillera boliviana MANN nos dice, "La acción de las poblaciones humanas (Quechuas y Aymaras) cobra la más grande importancia ecológica-social, entre las coacciones que se desarrollan en la Puna". (1951: 179). Dichas coacciones, según hemos comprobado, son extensivas a la Puna de Atacama e implican las siguientes consecuencias: alejamiento de especies silvestres como el guanaco y el ñandú (*Pterocnemis tarapacensis*), la caza de la vicuña y la extinción de la chinchilla (*Chinchilla lanigena*) representan algunas de las muchas coacciones que el indígena lleva a efecto en esta biocenosis natural¹¹. De acuerdo con estos antecedentes, podemos observar que la intensidad de la acción antrópica tiene un papel significativo en el deterioro del medio ecológico que nos preocupa. Seguramente dicha interferencia ecológica no sólo se limita al momento actual sino que se extiende en el tiempo y espacio a las primitivas entidades humanas que poblaron esta parte de la Puna de Atacama hace más de 9.000 años a. C. y cuya acción forma parte de las investigaciones paleoecológicas que estamos realizando en ésta a nivel del Pleistoceno.

IV. CONCLUSIONES Y PROPOSICIONES DE ESTE ESTUDIO

En la primera parte de esta contribución, se ha abordado el *aspecto estructural* del Ecosistema del Pedimento Arido, sección geográfica con caracteres de transición entre el Altiplano Boliviano y el Desierto de Atacama propiamente tal. Trátase de una ecología para un importante sector de la Puna de Atacama, región de altura que estimamos de gran valor económico y social en el desarrollo del Norte Arido de Chile.

El estudio de los componentes abióticos revela la existencia de extremas condiciones físicas para los elementos de la Biocenosis que se hayan adaptados a través del desarrollo de finos mecanismos autorreguladores.

En función de una "moderna" red de estaciones meteorológicas, hemos señalado para el

Ecosistema, la posibilidad de estudiar su *aspecto funcional*, sus factores limitantes más importantes y su potencialidad alimenticia para la fauna autóctona y exótica que habita el área.

Debemos insistir, que cualquier intento de diversificar la Biocenosis actual, habrá de basarse en los innúmeros mecanismos de autorregulación de que se sirven las especies para mantener una homeostásis favorable, condicionando de esta manera las bases fisiológicas para tal empresa.

Del análisis cuantitativo del monto anual de radiación solar, hemos deducido una enorme capacidad potencial para las funciones de fotosíntesis que se ve limitada con caracteres dramáticos por la deficiencia de agua. Estimamos que es posible un aumento significativo de la productividad primaria, si se procede a un manejo más naturalista de los recursos de agua existentes y que actualmente son transportados por medio de acueductos desde sus fuentes originales a grandes distancias del Ecosistema. En relación a esta acción, estimamos que la polarización económica que marcan los minerales del desierto puede tornarse una vez más peligrosa para un buen equilibrio ecológico de la región del Loa. Por ello, es preciso tener claro que el Ecosistema del Pedimento Arido constituye una reserva potencial de recursos agropecuario y humanos que el antepaís precisa para su funcionamiento.

Del estudio ecológico y económico de la flora dominante, las vegas (*Stipa ichu* y *Distichia muscoides*) nos han parecido de gran importancia. Estos *oasis andinos* determinan junto a las terrazas de los ríos, puntos exclusivos donde gravitan los asentamientos indígenas dedicados al pastoreo sedentario de auquénidos y ovinos, o a una agricultura de subsistencia de tipo tradicional.

En estos nichos geocológicos hemos detectado el claro desajuste de un eslabón de la

¹¹Un ejemplo directo lo hemos hallado en los alrededores de Guaitiquina a 4.200 m. donde los lugareños recolectan los huevos de las parinas (*Phoenicoparrus andinus*) en época de reproducción.

cadena alimentaria. La intensa coacción llevada a efecto por una excesiva población de roedores (*Ctenomys opimus*) está degradando aceleradamente esta pradera natural; tal desequilibrio se debe con toda seguridad a la extinción de un consumidor secundario o terciario que regulaba su crecimiento. A esta coacción debemos agregar un intenso pastoreo practicado por el indígena sobre este valioso recurso forrajero.

Entre otras acciones depredativas importantes, generadas por el indígena en el Ecosistema y por qué no en toda la Puna de Atacama, resaltan las siguientes: alejamiento de ungulados silvestres como el guanaco y la vicuña; extinción de avestruces y chinchillas, además de un control indiscriminado de ciertas poblaciones de aves mediante la recolección de huevos en época de reproducción.

Estos y otros antecedentes permiten afirmar que la interferencia antrópica, alcanza aquí un papel importante en la desintegración paulatina del Ecosistema. Las causantes de dichas coacciones deben ser estudiadas por los antropólogos actualmente relacionados con esta realidad. Por nuestra parte, creemos, que un mejoramiento de las condiciones ecológicas y sociales de estos recursos, descansa en la rápida intervención que entidades de planificación regional competentes, cuyas líneas de acción se orienten esencialmente a las premisas y estudios siguientes:

Evaluación del balance hidrológico y uso regional de los recursos de agua con criterios conservacionistas. Estimación cuantitativa de la productividad primaria en vegetales naturales o antrópicos (agricultura indígena). Estudio del nivel y condiciones de vida en las poblaciones indígenas. Sus actuales recursos de higiene y salubridad, lo que determina conocer previamente los alcances de la medicina herbolaria en relación a la medicina científica de acceso al Ecosistema. Conocimiento de los principales factores que condicionan la emigración de importantes sectores de las comunidades indígenas y su

repercusión en la organización social tradicional.

Iniciar estudios y experiencias tendientes a resolver dos problemas básicos de energía: el primero está representado por la escasez permanente de forraje, capaz de sustentar una masa ganadera significativa que pueda satisfacer las demandas de carne y lana del área, principalmente de aquel sector de urbanización creciente. Para ello proponemos examinar las posibilidades concretas que ofrecen las algas marinas como alimento base para el ganado de auquénidos y ovinos. De ser su aplicación positiva y económica, podría aplicarse a vastas áreas de Chile Arido y Semiárido azotados periódicamente por ciclos de extrema aridez. Paralelamente y con los mismos fines aconsejamos la aplicación en el sector de vegas (sobre los 3.000 m.) de remolacha y sorgo, este último de gran resistencia a este tipo de biotopo. Por último, el tamarugo como fanerófito de sombra y forraje constituye por sí sólo una alternativa concreta para la diversificación del Ecosistema del Pedimento Arido.

El segundo problema energético está dado por la imposibilidad de obtener fuerza hidroeléctrica a partir del débil sistema fluvial que corta de modo consecuente el Pedimento Arido. Para resolver esta limitante directamente ligada a un mejor equilibrio sociocultural de las poblaciones indígenas del Pedimento, proponemos la explotación del importante monto de radiación solar y energía eólica, como un medio de producir la energía eléctrica necesaria para el uso doméstico de estos asentamientos humanos. La realización de dicha experiencia tiene grandes posibilidades de éxito dado a la existencia en nuestro país de una seria infraestructura de investigación en este campo de la climatología aplicada.

Finalmente, planteamos haciendo uso de los estudios paleoecológicos aquí realizados, la reforestación con especies autóctonas de aquellos sectores que coinciden con poblamiento indígena o urbano. En este último sector representado básicamente por la co-

nurbación Calama-Chuquicamata, se impone la creación de un parque de chañares y tamarugos (*Geoffroea decorticans* y *Prosopis tamarugo*) que cubra plenamente las demandas de recreación que exige la creciente población infantil. Dicho proyecto podría complementarse con el traslado posterior de algunas especies faunísticas de la Puna, de modo especial el flamenco de la Puna (*Phoenicoparrus andinus*), cuyas escasas colonias se hallan próximas a la extinción. En su proyección social esta obra podría sentar las bases de una cultura ecológica conservacionista en la comunidad urbana que otorgaría a

mediano y largo plazos un enriquecimiento notable del medio para las generaciones venideras que habrán de vivir y crecer en este desierto nuclear.

Es mi deseo que esta problemática preliminar de franco interés multidisciplinario sea captada por otros especialistas que con su irremplazable aporte, concreten estas proposiciones necesarias para un mejor conocimiento, manejo y aprovechamiento ecológico del Ecosistema y su periferia.

Chuquicamata, octubre de 1972.

GEOECOLOGICALS REMARKS IN THE PUNA DE ATACAMA, CHILE

SUMMARY. As a first step in this report, we have dealt about the structure of The Arid Pediment Ecosystem. It is a transitional area between the Bolivian Plateau and the Atacama Desert. Our purpose is to present an ecology contained in a very large part of the Puna de Atacama, which we consider of a great value to economic and social development-schemes in the Arid North of Chile. Since it constitutes a potential reserve of agropecuaries and human resources.

The study of abiotic factors shows the existence of hard physical conditions for the elements of the biocenosis adapted through the evolution of complicated self-regulating mechanisms.

A modern system of meteorological stations gives us the possibility to evaluate the functional matter, as a whole, of the foreign and autochthonous fauna, including its more outstanding limiting factors and its feeding capacity.

We insist that any attempt of varying the actual biocenosis will be needed to take into account about all the self-regulating mechanisms necessary to species to keep a propitious homeostasis.

We have deduced from the quantitative analysis of yearly sun-radiation a high potential capacity for the photosynthesis which

is largely limited by the precarious existence of water. We suppose a significative increase of the primary productivity if the water resources are managed from a more naturalist point of view. Actually the water is transported by aqueducts far from the Ecosystem. That is why we see a serious danger in the economic polarization of desert settlements mine. It could break the ecological balance of the Loa Region. That is why is needed to be certain that the Ecosystem of The Arid Pediment constitutes a potential reserve of resources that is necessary to a good function of the region.

After an ethologic and economic study of the dominant flora, it has made evident that the meadows (*Stipa ichu* and *Distichia muscoides*) are highly important. These oasis and fluvial terraces make exclusive points available to indigene settlements which are dedicated to a sedentary pasturing of auquenidos and ovinos or to a subsistence traditional agriculture.

We have detected in these geo-ecological niches a break in a link of the feeding chain.

A deep coaction developed by a large population of gnawers (*Ctenomys opimus*) is degrading the oasis covert. Such unstable equilibrium is supposed to be due to the

extinguishment of a secondary or tertiary consumers and an intense pasturing upon this natural prairie.

Among others important predatory act one made by indigene populations in the Ecosystem and extensive to all the Puna de Atacama are: the aloafness silvester ungulated such as guanacos and vicuñas; the extinguishment of avestruces and chinchillas; and the insensate gathering of eggs during the reproduction time.

These and others antecedents make possible to affirm that the anthropic interference

plays a very important rol in the alow desintegration of the Ecosystem. The origin of such coactions must be studied by anthropologist actually searching out this reality. As for us, we think that an improvement of the ecological and social conditions of these resources has its base on an efficient intervention of the regional planning entities which basic aims points out towards essentially to the premises and researchin subjects proposed along this contribution.

Chuquicamata, October 1972.



Foto Nº 1. Aspecto geocológico del medio ambiente, desde el camino que une Toconce con los Geysers del Tatío. En primer plano, cubierta discontinua de "paja brava" (*Festuca orthophylla*), más atrás una extensa mesa de lavas riolíticas provenientes de la erupción de los cerros Hojalar y Tatío. Sobre ellas y asumiendo el papel de vegetación pionera, otras duriherbosas colonizadoras.



Foto Nº 2. Indígenas del Pedimento Arido atesorando el principal combustible de uso doméstico: la "llareta" (*Laretia compacta*). Impresión captada en el pueblo de Cupo, que se ubica en la vertiente W del cerro Paniri.

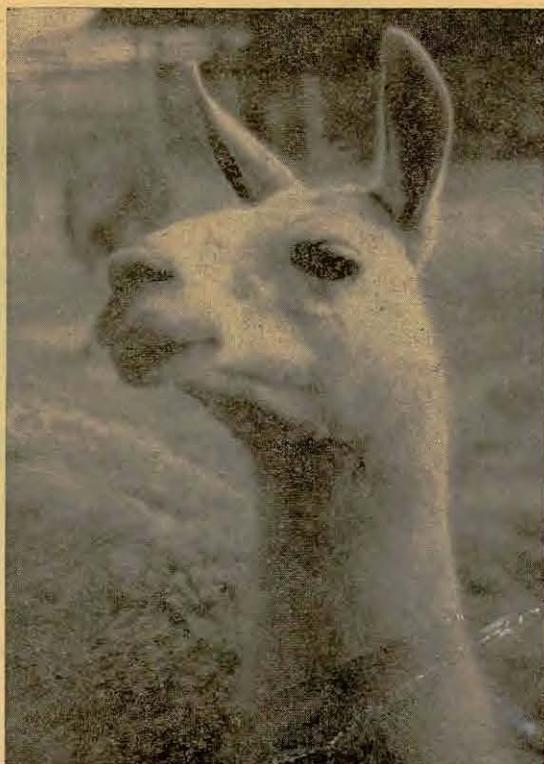


Foto Nº 3. La Llama (*Auchenia lama*), representa el mamífero más típico y el recurso más promisorio del Ecosistema del Pedimento Arido. Junto a otros anquénidos, como la vicuña y algunos escasos ejemplares de alpacas, hállase repartida entre los 2.700 y 4.000 m. Su excelente lana, así como la calidad de su carne, la hacen un recurso indispensable en la primitiva organización económica del Pedimento.

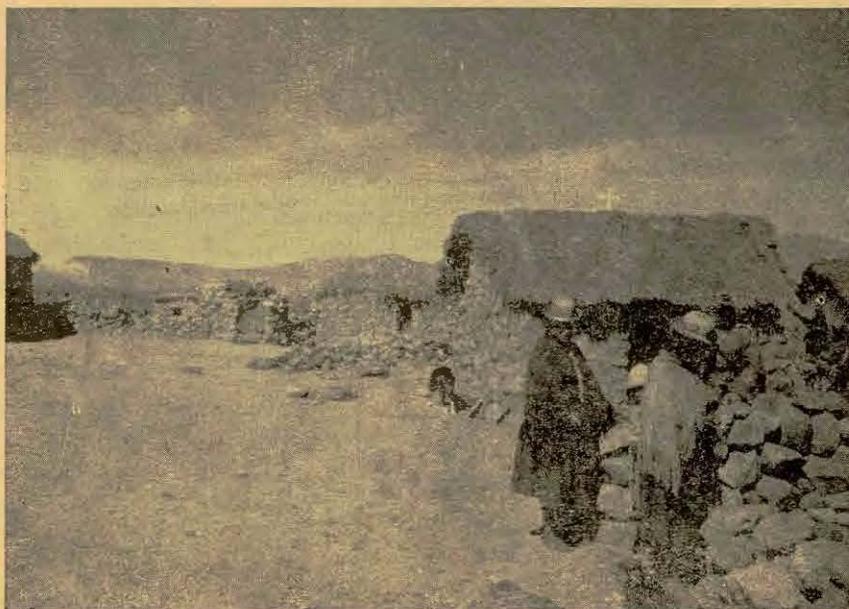


Foto Nº 4. Aspecto de la comunidad de Toconce (3.200 m.) que nos muestra el típico habitat indígena del Pedimento Arido. Muros de riolita, techos de pastos duros (*Festuca*, *Hordeum*) y puertas en madera de cactáceas (*Cereus*).

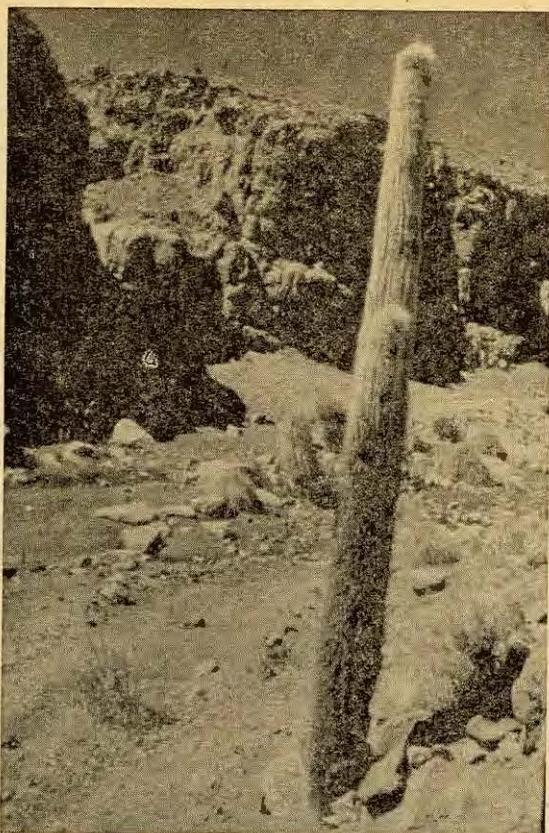


Foto N° 5. Las cactáceas (*Trichocereus atacamensis*, Phil.), óptimos representantes del xeromorfismo del Ecosistema del Pedimento Arido y única "reserva maderera".

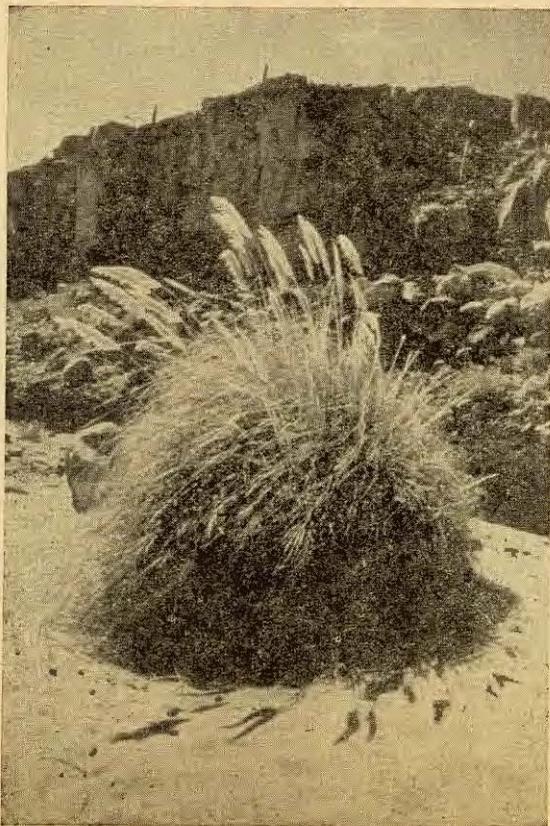


Foto N° 6. Gramínea de habitat psamófilo (*Hordeum comosum*) en el cañón del río Salado. Conocida vùlgarmente como "cola de zorro", sirve de gran utilidad en la confección de techos impermeables.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- BÖRGEL, R., 1965.
Mapa geomorfológico de Chile. Descripción geomorfológica del territorio. Fac. Fil. y Ed. U. de Chile, Inst. de Geogr.; 106 págs., Santiago.
- BOWMAN, I., 1942.
Los Senderos del Desierto de Atacama. Versión castellana de Emilia Romero. Soc. Chilena de Historia y Geografía, 421 págs., 21 figs., 78 fotogs., Santiago.
- BRÜGGEN, J., 1950
Fundamentos de Geología de Chile. 374 págs., 1 map. geol., fotografías, croquis, bibliog. Editorial Universitaria, Santiago.
- CASERTANO, L., y R. BAROZZI, 1961.
Informe sobre el sistema volcánico del volcán Láscar, en: *Anal. de la Fac. de CC. FF. y MM. de la U. de Chile*, vol. 18, pp. 306-315, Santiago.
- CASERTANO, L., 1963.
Las investigaciones vulcanológicas efectuadas en Chile en el período 1959-1962, en: *Bol. Univ. de Chile*, Nº 38, pp. 67-72, Santiago.
- CAVIEDES, C., 1967.
Radiación solar y temperatura en el núcleo del Desierto de Atacama, en: *Bol. Asoc. Geógrs. de Chile*, pp. 1-15, Santiago.
- DI CASTRI, FR., 1964.
Posición de la Ecología en la Ciencia y en la Sociedad Actual en: *Anal. Univ. de Chile*, pp. 93-143, Santiago.
- DIGMANN, R., 1965.
Cuadrángulo San Pedro de Atacama, provincia de Antofagasta (escala. 1: 50.000), en: *Public. Nº 14, Inst. Invest. Geol.*, 28 págs. Santiago.
- GONZÁLEZ, O., 1969.
Evolución del volcanismo y tectónica de los Andes Centrales durante el Cenozoico Superior, en: *Depto. de Geol., Univ. de Chile*, 11 págs., 1 perf. geol., 1 map. geol., Santiago.
- HIRSCHMANN, J., 1962.
Estado actual de la investigación para evaluar energía solar en Chile, en: *Scientia*, Nº 117, Valparaíso.
- LATCHAM, R., 1926.
El culto del tigre entre los antiguos peruanos, en: *Rev. Ch. Hist. Nat.*, xxx, pp. 125-136, Santiago.
- KEIDEL, J., 1927.
Sobre las relaciones geológicas entre la Puna y la Cordillera Principal o Cordillera de los Andes, en: *Bol. Ac. Nac. de Ciencias*, Córdoba, xx, pp. 295-307, Buenos Aires.
- MANN, G., 1951.
Esquema ecológico de selva y sabana y cordillera de Bolivia, 236 págs., Inst. de Geogr., Univ. de Chile, Santiago.
- PEÑA, L., 1968.
Aves observadas y recolectadas en la cordillera de Antofagasta, en: *Not. Mens. del Mus. Nac. Hist. Nat.*, XIII, Nº 145, Santiago.
- ORELLANA, M., 1968.
Tipos alfareros en la zona de río Salado, en: *Bol. de Prehist., Univ. de Chile*, Nº 1, pp. 3-31, Santiago.
1970.
Excavaciones arqueológicas en la confluencia del río Toconce y río Salado. Informe preliminar, en: *Bol. de Prehist., Univ. de Chile*, N.os 2-3, pp. 119-136, Santiago.
- OCHSENIUS, C., 1972.
Relatorio complementario a un Survey Geográfico realizado en el Estado de Ceará (nordeste brasileño), en: *Caderno de Ciências da Terra* Nº 25, 11 págs., Instituto de Geografía, Universidade de São Paulo (por encargo da Academia Brasileira das Ciências).
- ROSEMANN, M., 1959.
La ingeniosa fisiología de la vida en el desierto, en: *Bol. Univ. de Chile*, N.os 6-7, pp. 51-53, Santiago.
- RUFFIE, J., et G. LARROUY, 1969.
Le problème de l'adaptation des Populations de l'Altiplano Bolivien dans les basses terres, en: *Bull. Soc. Suiss. des Americanistes*, xv, Nº 27, pp. 2-20, Ginebre.
- SANTANA, R., 1967.
El río Salado y el sector oriental de la Cuenca de Calama, en: *Bol. Asoc. Geógrs. de Chile*, Nº 3, pp. 21-28, Santiago.