

TRABAJO DEL INSTITUTO NACIONAL DE BIOLOGIA ANDINA

DIRECTOR: PROF. CARLOS MONGE

FISIOLOGIA DE LA REPRODUCCION EN LA ALTURA APLICACIONES A LA INDUSTRIA ANIMAL (*)

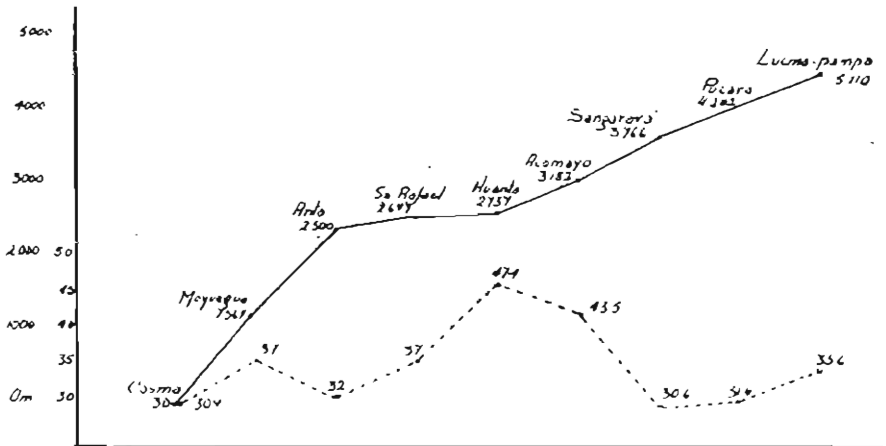
POR CARLOS MONGE M.

El problema de la fertilidad en la altura.

La observación de la genética humana en las poblaciones andinas me hacía decir en el Centenario de Unánue (1931) : “El habitante aclimatado al altiplano, es una necesidad biológica para la propagación de la raza y debe dársele, por consiguiente, toda la importancia de un ser que asegura la perpetuidad de la vida en las alturas”. Estudios históricos que respaldaban esta opinión me permitían concluir en 1935 : “El andino lleva en su organismo el elemento hereditario y ancestral que permite la vida en las grandes alturas habitadas de Sud-América” (Política Sanitaria Indiana y Colonial en el Tahuantisuyo.— An. de la Fac. de Ciencias Méd. 1935).

Efectivamente, en fuente histórica tan valiosa, como la del Padre Cobo, se cuenta que “otro indicio del gran calor de esta gente es que se crían y logran mejor que los nacidos en tierras templadas y calientes”. El incremento de las poblaciones andinas aborígenes, se constata inmediatamente que se consultan las cifras del censo último (1939). Para no citar sino un solo caso de colectividades autóctonas, quiero referirme a las informaciones que gentilmente me han sido proporcionadas por el Doctor Arca Parró, Director del Censo.

* Conferencia dictada el viernes 13 de septiembre de 1940, en el Auditorium del Ministerio Salud Pública, Trabajo y Previsión Social.



En esta gráfica puede observarse que mientras el coeficiente de natalidad es aproximadamente el mismo a nivel del mar y hasta 2.697 metros de altitud, es mucho mayor (47.4) en aquellas localidades situadas entre 2.737 y 3.182 metros sobre el nivel del mar.

Quiero, pues, dejar establecido, en forma concluyente, que en el curso de mi disertación sobre anomalías de la Ontogenia en la Altitud, sólo voy a referirme a hechos ocurridos al hombre o a los animales recién llegados al altiplano.

Es un hecho conocido que en la Sierra, ciertos animales no se reproducen como a nivel del mar. La industria animal, a cada paso, ha demostrado fracasos que significan pérdidas económicas ingentes. Los ensayos de aclimatación de la raza caballar o de ganado vacuno han sido poco promisorios. En Maraimac, caballos y yeguas han permanecido infértiles durante dos años. Después de 3 años apenas si hay cuatro crías. (Sr. Colley) (1). Sementales vacunos en Pachacay a 3.600 mt. no pudieron "servir"; trasladados a 3.100 mt. recuperaron su fertilidad. De 12 padrillos que el Ing^o Molina hizo llevar a Puno, hace más de 15 años, apenas la mitad se mostraron fértiles, el otro grupo lo fué también al bajar a 2.500 mt. pero nuevamente llevados a las punas dejaron de reproducirse. Dos

(1) Comunicación personal.

parejas de perros pastores importados a Junín solo se reproducían al bajarlos a nivel del mar. Los gatos no se reproducen en Morococha. La infertilidad no es general, pero tampoco podría decirse que constituye una excepción. Nunca ha sido medida estadísticamente.

En el ganado vacuno, el hecho es perfectamente conocido. Y si es cierto que la competencia de nuestros ingenieros agrónomos y el espíritu comprensivo de los dirigentes de las instituciones ganaderas, ha permitido llegar a un coeficiente de parición de 80 y aún 85%, en fundos importantes en cruza-mientos con animales debidamente cruzados y seleccionados; en cambio, el porcentaje de fertilidad, cuando el cruce se hace con padrillos recientemente importados, apenas si llega al 65% y cuando éstos se encuentran aclimatados tengo entendido que nunca ha pasado del 73%. Queda, pues, de un 20 a un 35% de ovejas infecundas, tituladas "machorras", que cuando reinciden aparentemente en su infecundidad son enviadas al mercado. Digo aparente, porque es fácil colegir que si la infertilidad es masculina las "machorras" pudieran ser ovejas viables a quienes tocó en suerte machos infecundos. Sobre millares de ovejas un simple cálculo de probabilidades da base a esta afirmación.

En Arequipa con frecuencia, los huevos llevados de las granjas de la Costa no se desarrollan; los huevos "serranos" generalmente no llegan a término cuando se les incuba a nivel del mar. A nadie se le ocurre incubar huevos serranos, e ingenuamente admitimos cualquier causa, sin pensarse en la verdadera : la acción climática agresiva. Hasta ahora este problema sólo se conoce por las recriminaciones que ocasiona.

Si alguien me dijera, queremos hechos, no afirmaciones, le respondería : Aggazzotti en 1914, no pudo llevar a término la incubación de huevos en el Cole d'Olen a 2.900 mt. de altitud, no obstante que un grupo de control de los mismos bajados a Turín, de donde procedían, se desarrollaron en buen número. Quatrefages, aseguraba que solo la mitad de los huevos de gallina llegaban a su madurez en Bogotá, y Darwin (Variation II, pag. 152) refiere que gallinas importadas del Cuzco no se reprodujeron al comienzo, para más tarde volverse perfectamente fecundas. De seis parejas de gansos llevados al Jungfrauohch (Suiza, 3.900 mt. de altitud) por Ensel-

me y Peschiera, por sugerencia mía, en 1938, las hembras pusieron su último huevo el día de la llegada y durante seis meses se estableció un proceso de infertilidad. Cutting, envió en 1931 al Dalai Lama, de Lassa (Tibet—3.500 mt.) dos perros (dachhund) que hasta 1933 no se habían reproducido (Journ. of. Amer. Mus. Nat. Hist. Feb.- 1936).

El hombre no podía sustraerse a un imperativo biológico semejante. Dos ejemplos establecerán este hecho en forma casi experimental. Sr. N. N. Casado a 2.500 mt. de altitud, con residencia inmediata a 4.000 mt.; durante 5 años infertilidad. Transcurrido este tiempo retorna al lugar de procedencia : 5 hijos en 7 años.

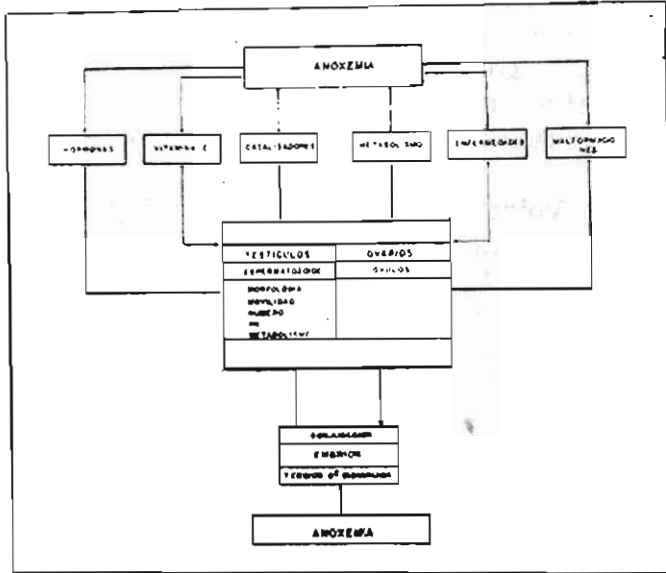
Señor y señora X. X. Pareja oriunda de la Costa.— Matrimonio a 3.000 mt. de altura y permanencia en ese lugar, 3 años : infertilidad. Traslado a nivel del mar, 1 año : 1 hijo. Residencia posterior a 3.000 mt. 3 años : infertilidad. Regreso a la Costa, 4 meses : embarazo. Agréguese que el mismo sujeto antes de su matrimonio tenía relaciones maritales durante 2 años con una habitante del altiplano, transcurridos los cuales bajan juntos a la capital donde meses después se presenta un embarazo que llega a término normal. Evidentemente, la infertilidad es masculina, en este caso.

El Dr. Constantino Carvallo me ha referido el caso de dos matrimonios sin hijos, procedentes de la altitud y que al ser examinados en Lima, ha podido constatar integridad funcional y anatómica en la mujer y ausencia de espermatozoides en los hombres, que puso de manifiesto el Dr. P. Weis.

De ser ciertos estos hechos seguramente la historia debe registrarlos. Efectivamente, los matrimonios españoles no se reproducían en la altitud. En Potosí el nacimiento del primer español sólo tuvo lugar 53 años después de fundada la ciudad, donde residían unos 100,000 indígenas.

El problema de la Ontogenia en la altitud, debe ser considerado en su acepción más amplia. Se llega a la esterilidad o a la infertilidad por diferentes caminos que pueden reducirse esquemáticamente a los elementos que intervienen en el diagrama de la página siguiente.

DIAGRAMA



Muy interesantes discusiones se han producido últimamente sobre este tópico y, evidentemente, se ha enfocado una o varias de las causas de imperfección reproductora, que suscribo ampliamente, en particular los pastos, como se hará ver en seguida. Pero, el problema es más complejo. Es verdaderamente sencillo concluir que en último término, todas o cualquiera de esas causas, deben actuar sobre el epitelio germinal, que, en síntesis definitiva va a producir el soma fecundante, la simiente : testículo y ovarios; esto es : espermatozoides y óvulos y el resultado de la conjugación : el embrión, sometido a un nuevo habitat climático : la atmósfera enrarecida.

Veamos individualmente dichas causas :

Vitamina E.

Evans demostró que la falta de vitamina E determinaba la esterilidad de las ratas por degeneración del epitelio ger-

minal y que por su administración se recuperaba la facultad de reproducción. Había concepción, pero los embriones morían y eran reabsorbidos.

Voigt Muller, en las vacas infértiles (Veterinary Jour. 90—282—1934) consiguió fecundarlas administrando inyecciones de fertilan, aceite de embrión de trigo germinado que contiene la vitamina E de la reproducción, en 66% de los casos.

El mismo Voigt Muller, Watson y Terri, y Currie, obtuvieron análogos resultados en la mujer en el aborto habitual (Jour. Amer. Med. Ass. May 28, 1938).

Barmun consiguió el desarrollo de embriones de polluelos de gallinas infecundas administrando vitamina E (Jour. Nutrition 9 : 621, 1935). La infertilidad está unida también íntimamente a la vitamina A. Para Masson (Amer. Journ. of Anatomy—52 : 153, 1933) la deficiencia de vitamina E se acusa por la cesación de la actividad embriogénica, mientras que la carencia de vitamina A actúa sobre el epitelio germinativo, que se hace menos abundante. Lo que quiere decir, que se llega rápidamente a la azoospermia por carencia de la vitamina E y a una espermatogénesis insuficiente con la vitamina A.

Agréguese que tales animales presenten en la hipófisis cambios celulares semejantes a los que se acusan en los animales castrados y otro tanto ocurre en la glándula tiroides que sufre un proceso de hipoplasia.

Por consiguiente, es incuestionable que pastos defectuosos puedan producir una carencia de vitamina E o A, que cree un metabolismo impropio a la fertilidad y al desarrollo del embrión. Por lo tanto, el problema de los pastos es esencial, pero debe ser investigado científicamente para establecer raciones supletorias dirigidas por una economía inteligente.

Pero, obsérvese que hay un 50%, por lo menos, de carneiros, si nos referimos al ganado lanar, que se reproducen, no obstante, alimentarse con los mismos pastos, lo que quiere decir que hay algo que no está condicionado por éstos y que escapa a los hechos establecidos a nivel del mar.

Hormonas.

En la actualidad, tanto en un sexo como en el otro, las hormonas de la reproducción están perfectamente conocidas y es evidente que se corrigen ciertos trastornos de la fertilidad por el uso atinado de hormonas específicas. En los animales, con excepción de los ensayos para despertar el celo, no hay nada concluyente todavía. Es incuestionable que la altura con sus deficiencias ontogénicas constituye un magnífico terreno de experimentación.

Catalizadores.

En los embriones de ratas se ha demostrado que su contenido en glutation es superior al de las ratas adultas y que disminuye progresivamente hasta el nacimiento. Murray (1928) estudiando el desarrollo del huevo de la gallina muestra igual resultado. Harmant pudo hacer ver la acción aceleradora de los compuestos sulfidrilos en la reproducción animal. Parece que crean un potencial de oxidación-reducción intracelular necesario a la reproducción (Hastings, Mc Kay).

Por eso Memmet llega a atribuir al glutation una función hormómima, la hormona mitogénica. El hecho es que orienta las oxidaciones-reducciones a cuyo término el embrión se desarrolla.

Ahora bien, en 1933, Delrhue y Vischer en el Jungfrau-joch han señalado que el glutation aumenta en los sujetos aclimatados, pero Nematollahe en 1936, encuentra una fuerte disminución trabajando en atmósferas enrarecidas con animales no aclimatados, lo que permitiría concluir que la cantidad de este cuerpo es insuficiente para la espermatogénesis (Tesis de París, 1936. Ed. Le Francois).

Si aceptamos la opinión de nuestro compatriota E. Guzmán Barrón, Prof. de la Universidad de Chicago, que dice : "luego como el oxígeno transportado a los depósitos tisulares es insuficiente para reoxidar los catalitos electro-activos, habrá un cambio en la orientación de las reacciones", se debe concluir que la disminución de la tensión de O_2 en la altura crearía condiciones desfavorables para la espermatogénesis o la embriogénesis desviando la acción normal del glutation.

Siempre habría animales de superación climática en los que este fenómeno no ocurriese y es indudable que este estudio debe coordinarse con las demás causas.

Herencia.

Nada más grato que la sugerencia que me ha sido hecha por el Ing. Teodoro Boza Barducci, a quien dejo la palabra. (*)

“En esta infecundidad, como le señalé, podría intervenir en mi concepto cierto factor “letal” cuyo rol sería de importancia por el “inbreeding” intenso, al cual muchos de estos rebaños están sometidos, por lo cual a él podría imputarse en cierto modo, alguna parte de las causas que determinan la baja fecundidad observada en esos animales en la Sierra.

“Tal vez hayan ciertas condiciones ambientales, especiales, como las de la Sierra, digamos de clima y alimentación, que determinen el que estos factores que Cuenot considera en uno de los trabajos cuyo extracto le remito, como “semi-letales”, puedan comportarse como “letales” temporalmente, hasta que estas condiciones o parte de ellas varíen, como la alimentación por ejemplo. Es este un punto que en mi concepto bien merecería ser investigado”.

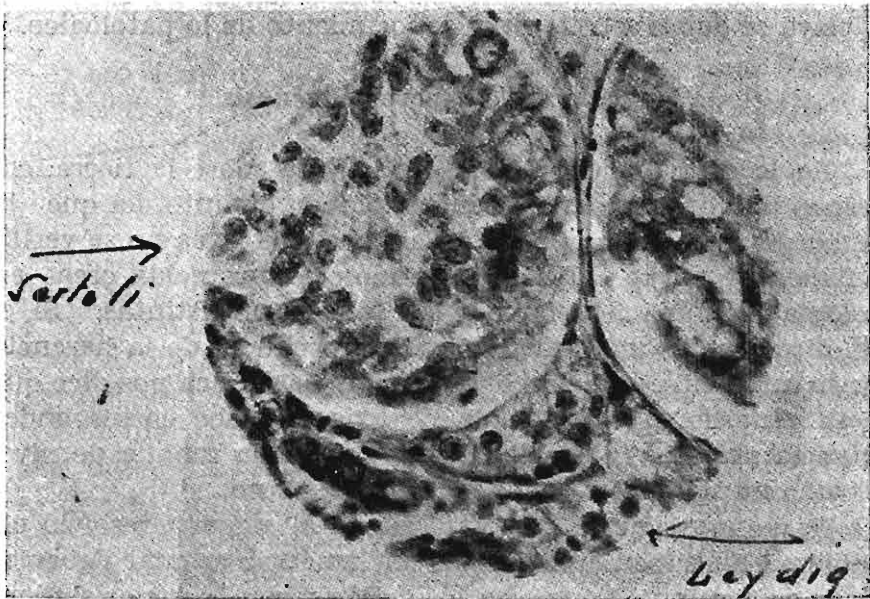
Es incuestionable que hay factores semiletal corregibles y por eso alguna vez aseguré (Discurso de Apertura de la Universidad, 1940) que era preciso estudiar las características morfológicas y dinámicas que nos harían la clínica de la raza, si se me permite la expresión, a fin de establecer su correlación con los factores semiletal anotados.

Por lo demás, un estudio de genética, en el sentido estricto de la palabra, se impone para resolver el problema de la infertilidad por herencia, si éste existe.

En cuanto a las enfermedades y malformaciones, puedo avanzar que los estudios ya iniciados acusan un fuerte porcentaje de influencia deprimente sobre la reproducción.

(*) Comunicación escrita.

Es evidente que cualquiera de estas causas o todas ellas u otras nuevas, repercuten inmediatamente sobre las gonadas : testículos y ovarios. Esa hipótesis de trabajo que yo emití hce años ha sido debidamente comprobada en animales de laboratorio. Efectivamente en la lámina inmediata puede verse la ausencia de espermatogénesis en el gato.



La imagen señalada es análoga a las fases de reposo de los animales con ciclos sexuales, en que la espermatogénesis cesa, o lo que ocurre en la criptorquidea del hombre o en la experimental del animal.

¿Se trata de un fenómeno reversible, pasajero? — ¿Existen ciclos sexuales en la altura?

La repercusión de esta espermatogénesis imperfecta sobre el semen va a dejarse sentir en la forma y la función de los espermatozoides; a saber, color, olor, densidad, cantidad, movimiento espontáneo, movimiento con dilutor, morfología, cuerpos extraños, numeración, concentración iónica e igual-

mente va a precisarse en la duración de su vitalidad en medios apropiados. Se trata de una semilla alterada, fácil de identificar para el que sabe. Este estudio no se ha hecho. Debe hacerse. El Instituto lo hace actualmente y formará escuela si las circunstancias lo permiten. Actualmente la Junta de la Industria lanar ha delegado un profesional para que siga nuestras investigaciones. Sería un honor que otras Instituciones nacionales, nos concedieran una satisfacción análoga. El Doctor San Martín, mi desinteresado y valioso colaborador corre a cargo de este capítulo de la investigación, cuyos resultados ya se dejan sentir, en el conocimiento de lo patológico.

Biología de la espermatogénesis.

En la distribución vertical de la vida sobre la tierra, correspondió al Perú, situarlo en un plano distinto del que la ciencia ha estudiado a nivel del mar, cuyas leyes no se verifican siempre en la altitud. La atmósfera enrarecida crea en Biología Andina, personalidades somáticas distintas. Si el organismo no es una adición sino un producto de la herencia por su ambiente, una simple operación aritmética nos dice que a esa atmósfera empobrecida de oxígeno debe corresponder un soma de superación biológica. Por eso la semilla de nivel del mar no siempre se adapta en el altiplano.

Hay que escojerla. Si Tangüis en el algodón resolvió un problema de superación racial, en genética animal debemos seguir su camino. Lo necesario es diferenciar la mejor simiente para su aclimatación en la altitud. El problema es fácil, porque los términos son perfectamente accesibles. Al contrario de lo que pasa con las plantas, en los sementales es fácil recoger la semilla, estudiarla y establecer los standards de una espermatogénesis ideal. Esa labor se ha comenzado. Y deberá ser continuada. Durará meses o años según las facilidades acordadas.

El estudio vital de los espermatozoides permite establecer su ecuación de fertilidad. Son casos que no se ocultan a un investigador, siguiendo las técnicas establecidas. Tal el problema a nivel del mar. En el cuadro adjunto hacemos un esquema para mejor ilustración.

Semen standard.

pH	6.2 a 6.8
Nº Espermatozoides (cifra más frecuente)	1.000 millones por cc.
Formas jóvenes	aparición tardía
„ patológicas	Maximum de 15%
Células epiteliales y leucocitos	3 o 4 por campo
Motilidad (Escala del 0 al 5)	Entre 4 y 5
Vitalidad (sémen puro)	De 7 a 10 días.

Pero en la altura el problema se complica. Con San Martín recién lo hemos abordado. Ya hemos visto standards de sémen que responden a las mejores exigencias que pudieran demandarse. Si dispusiese de padrillos, la parte morfológica, numérica y dinámica estaría definitivamente resuelta.

Pero hay un capítulo nuevo por investigar : la conservación, el estudio de la vitalidad, los dilutores, todo lo cual requiere un conocimiento de orden químico y biológico que debe ser debidamente ensayado. No basta que forma, movimiento y número digan que el sémen es apropiado. El capítulo de los dilutores químicos es importantísimo. Si no se quiere fracasar debe dársele la importancia que se merece. No hay que olvidar que el dilutor que ha de permitir el aprovechamiento industrial del sémen, es un medio de reacciones físico-químicas que puede ser alterado por la disminución de la tensión del oxígeno ambiental del altiplano. Habrá que ensayar los dilutores o inventar otros nuevos. El espermatozoide muere fácilmente. En el Perú ha habido dos experiencias de inseminación : una a nivel del mar con todo éxito, siguiendo las pautas oficiales; otras en la altitud que no dió resultados. Yo me complazco en rendir tributo a la capacidad de quien dirigió esta última, pero no pudo hacer las experiencias previas de conservación y de estudio biológico del sémen. No se sabe si los dilutores de la Costa trabajan en la Sierra. Una variación iónica impropia se mide por millonésimas. Apréciese, pues, la exatitud que se requiere.

La conservación del sémen es otro problema biológico de importancia trascendental. Nada se sabe sobre este particular en la altitud. El Dr. San Martín y el Sr. Krottzinsky han

llegado a mantener vivos los espermatozoides por 13 días. Todo lo cual quiere decir que debemos seguir penosamente nuestras investigaciones.

El problema se plantea en estos términos:

- 1) Determinación de la ecuación de fertilidad del sémen. — Sémen standard de altitud.
- 2) Separación de los infértiles o de los que no alcanzan las condiciones del standard.
- 3) Acoplamiento de hembras con los padrillos seleccionados de reciente importación.

La conclusión es lógica, si hoy el coeficiente de natalidad llega a 65% en primer cruce, es incuestionable que con padrillos diferenciados, el porcentaje debe subir inexorablemente —porque el cruzamiento se ha hecho con animales de superación climática, acondicionados al standard-. No hay razón para que no se llegue al 100% de fertilidad, como ocurre en otras partes del mundo.

En la práctica, habría dos procedimientos para esta selección :

O se estudia la eyaculación de los reproductores por el procedimiento de la vagina artificial o colectores de esperma, o se emplea el método de la eyaculación eléctrica, que probamos ya con resultados enteramente satisfactorios. Método sin peligro, fácil, limpio, utilizable en cualquier momento y que resuelve el problema de la investigación en cualquier lugar del altiplano. Me complacería que los que se interesasen en este punto se pusieran en contacto con el Instituto para hacer una demostración.

Pero, permítaseme insistir en la necesidad del más riguroso control científico, lo que exige tiempo, recursos e investigadores. En 10 años se ha llegado a conocer el problema que por primera vez se plantea en términos precisos. No sé cuántos más ha de necesitar para hacer posible su aplicación industrial, que debe ser precedida por la experimentación de laboratorio. Un laboratorio de fertilidad debidamente montado, con técnicos capacitados y becarios que debieran entrenarse en determinados puntos en América, permitirían en un año resolver definitivamente todo lo concerniente a la expe-

rimentación en laboratorio primero, y su aplicación industrial después, en lo que no me cansaré de insistir.

Las proyecciones económicas, si se lleva a cabo la aplicación industrial de estos hechos y de los procedimientos enunciados son incalculables. El establecimiento del standard de sémen de altitud, favorecido por método de eyaculación eléctrica, permitiría :

- 1) Aumentar un 15, 20% o más, la natalidad en los cruces de primera sangre con animales importados, rechazando a los infértiles (ganado lanar).
- 2) Dar base biológica de altitud a la inseminación artificial, para evitar sus fracasos.
- 3) Discriminación de las "machorras" con la economía consiguiente.
- 4) Eliminación de los animales infértiles, por enfermedad.
- 5) Hacer el estudio comparado de las razas para establecer las de superación climática adaptiva.
- 6) Estudiar la adaptabilidad de toda clase de animales en función de la espermatogénesis, y, por consiguiente, establecer la selección de padrillos vacunos, caballares, porcinos, etc.
- 7) Ensayar la adaptación de las razas avícolas.
- 8) Ensayar cruzamientos de animales infértiles en cautividad.

Huelga todo comentario sobre el beneficio de la Economía ganadera.

Señores :

Tengo para mí que el Instituto Nacional de Biología Andina responde a necesidades nacionales. Esta investigación es una demostración palmaria de dicha aserción. Para conducirla, algo se ha tomado de lo que corresponde al Hombre de los Andes, finalidad sustancial de este Instituto; mucho han dado espíritus selectos y técnicos magníficos con sacrificio evidente de sus muy modestas situaciones. Permítaseme citar al Dr. Mauricio San Martín cuya colaboración es precio-

sa, al Dr. Pablo Mori Chávez, patólogo, cuyas hermosas preparaciones se han presentado y cuyo trabajo de cinco o seis años nunca fué remunerado, al Sr. Sánchez que ha hecho posible la eyaculación eléctrica con aparatos de fortuna, no por eso menos útiles, al Sr. Krostzinsky que nos acompañó unas cuantas semanas en Huancayo con tanto desinterés, y tantos otros que son mis colaboradores y ayudantes de todos los días y a quienes pido excusa por silenciar sus nombres.

Permitaseme también agradecer al Sr. Piélago su apoyo económico y su espíritu comprensivo que tanto nos favorece, y al Sr. Ricardo Barreda, Presidente de la Junta Lanar. A la Fundación Rockefeller por otorgarnos becas para entrenar a nuestros ayudantes.

Pero el hecho es "que no es posible hacer ciencia con el heroico sacrificio de unos cuantos investigadores de buena voluntad" (Houssay) y que, con dolor, tendremos que reducir al *mínimum*, estas investigaciones importantes, por falta de recursos.

Con todo, me es grato decir a Uds. que las labores científicas sobre el andino continuarán en adelante como nuestra principal preocupación. Los fondos que el Estado nos dió tienen ese objetivo principal. Y no habría razón para que dejara de ser así.

Es muy humano creer que el Mundo gravita sobre el punto de vista acariciado. Seguramente yo participo de ese error. No tendría sino una excusa : mi sinceridad, mi fé, mi acción.

Convengamos todos, sin embargo, en que no es despreciable para el Perú desarrollar los capítulos de la reproducción que se traducirán en beneficio de la Economía Animal en los países sudamericanos con altiplanos.

SUMMARY

In 1931, the author, basing his observations on humans and on animals, stated the problem of fertility in the Andean plateau. Those men who live in the Andes, reproduce the same as those in the sea level. The same can be said of the animals of that region, and particularly those which have been acclimated for 400 years. Concerning animals, newly arrived to high lands, they show a di-

minution (50 to 60 %) in their fertility. The author describes the possibles causes of this phenomenon. He points out the various methods of Electroejaculation, which permit the obtaining of semen, when desired. He also indicates the occurrence of aspermatogenesis in cats and rabbits at 4000 mts. above sea level.

The author studies the characteristics of the standard semen of animals (rams) and gives directive methods of research for verifying his hypothesis.

Having once determined the "Standard Semen" of the altitude, the author concludes on the possibilities of improving fertility by selecting acclimatized rams. Disregards the problem of so called "machorras" (infertile ewes) as he has obtained 86 % of fertility, and makes a comparative study of the races best suited for acclimatization.

RÉSUMÉ

En 1931, l'auteur prenant comme base ses observations sur les personnes et sur les animaux, constate le problème de la fertilité sur les plateaux des Andes. L'homme des Andes se reproduit de la même façon que celui du niveau de la mer. On peut conclure de même en ce qui regarde les animaux de cette région, et particulièrement ceux qui furent acclimatés pendant 400 ans. En ce qui concerne les animaux nouveaux venus aux hautes plateaux, on constate une diminution (50 à 60 %) dans leur fertilité. L'auteur décrit les causes possibles de ce phénomène. Il désigne diverses méthodes de electro-éjaculation, qui permettent d'obtenir le sperme, quant serait il nécessaire. Il indique l'occurrence de absence de spermatogénese dans certains chats et lapins, à 4000 mètres sur le niveau de la mer.

L'auteur étudie les caractéristiques du sperme standard des animaux (béliers) et facilite des méthodes directives d'investigation pour vérifier ses hypothèses.

Ayant déterminé un "Sperme Standard" de l'altitude, l'auteur conclut sur les possibilités d'améliorer la fertilité par la sélection de béliers acclimatés. Négligeant le problème des "machorras" (brebis steriles) car il en a obtenu 86 % de fertilité, il fait une étude comparative des races mieux aptes pour l'acclimatation.