



# REVISTA UNIVERSITARIA

ORGANO DE LA UNIVERSIDAD DEL CUZCO

## Segunda Epoca

Año XXIII. Tomo II. 2º semestre de 1934. No. 67

## SUMARIO

|                                                                                                                                                                              |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| El poderoso Camante, trascripción de unas crónicas de Luis María Robledo.....                                                                                                | Pg. 3 |
| Choque Kktrau, por E. C.....                                                                                                                                                 | " 27  |
| Obras de Ingeniería en el Cuzco (Perú), por el señor Emiliano López Saa.....                                                                                                 | " 33  |
| Aspecto Literario de la Ideografía Quechua, por Rebeca Fernández B. de Merel.....                                                                                            | " 55  |
| Cuestiones Indígenas.—Sistema de Arrendamiento de terrenos de cultivo en el Departamento del Cuzco y el problema de la Distribución, por el Dr. Francisco Ponce de León..... | " 109 |
| El Problema de Yanaconazgo en la República peruana, por el Igr. Federico Uranga.....                                                                                         | " 141 |
| Análisis de un depósito encontrado en Ollantaytambo, por el Dr. Leonidas Hurtado Povea.....                                                                                  | " 149 |
| La relatividad del crecimiento orgánico, por Víctor Pilares Polo.....                                                                                                        | " 153 |
| La Primitiva y Moderna Teoría de los "Quanta" (tesis para bachillerato), por el Br. Antero Bueno, con prólogo del Dr. José S. Wagner.....                                    | " 157 |

REDACCION Y ADMINISTRACION: UNIVERSIDAD DEL CUZCO

CUZCO - PERU

LIB. IMP. H. G. ROZAS SUCS.



## EL PODEROSO CAMANTE

---

Los nuevos buscadores de oro, en la actualidad, discurren allá, por corrillos, acerca de los famosos lugares en los que se halla el precioso metal poco menos que en estado "de cortar". I surgen los nombres de cerros, hondonadas, cuevas, cascadas i torrentes que gozan de proverbial celebridad. Ya se llamen el *Gran Paititi*, *Plateriayoj*, *Herreraiayoj*, el *Apucatintin*, los *Once millones* de la Compañía, las Chinganas, los palacios o residencias señoriales de los Incas, despiertan novedoso interés i, quien más, quien menos se encuentran poseídos por la fiebre del oro, acuciados por los fustazos de la crisis mundial. Parece como si las mismas causas que indujeron a una legión de conquistadores hispanos, a lanzarse a la peligrosa aventura del legendario "El Dorado", se hubiesen transmigrado en las modernas muchedumbres impulsándolas a iguales tentativas de mejorar de suerte, como una supervivencia de los antiguos *argonautas* que, desafiando peligros i evadiéndose del canto de las sirenas, marchaban en pos del "vellocino de oro".

Unos se dedican a la nigromancia, otros al espiritismo, a las magias, blanca, negra i rosa; al ocultismo, i si posible fuese, aun a trueque de exponerse a una excomunión mayor, no vacilarían en efectuar un pacto con Satán. Lo importante es obtener alguno de los metales que tienen valor circulatorio, así llame "los excrementos del diablo" a las monedas, Papini, el ultramontano.

Uno de los parajes que goza de más celebridad es el del Grande o poderoso *Camante*, cuya ubicación exacta no la puede hacer el más avezado montañés. Conjeturas, indicios, revelaciones, mil comentarios se forman al rededor de la fantástica montaña de *oro macizo*, que reverbera con el Sol naciente despidiendo mágicos resplandores. Quiénes la creen ubicada en las cabeceras del Río Tono, en las selvas de Ccosñipata, en los alrededores del valle de Lares, o en los bajíos de Marcapata. Los más eruditos manifiestan que la gran mole áurea es inaccesible, que la circundan bosques sombríos en los que abundan víboras i alimañas feroces. Quiénes se creen los únicos poseedores del maravilloso derrotero graficado en arcaicos pergaminos. Lo cierto es que se hace imposible penetrar en los misteriosos dominios de ese moderno Minotauro más oculto que el del Laberinto de Creta.

Han habido expediciones diversas que se aventuraron en tan espeluznante búsqueda. Probablemente una de las más famosas i menos teóricas fué la que se constituyó en esta ciudad del Tahuantinsuyu, allá por los años de 1873, mediante una escritura formal i con todas las vituallas, impedimenta, carpas, canoas, pértigas, i demás implementos, necesarios para vencer los obstáculos inherentes a la travesía por la montaña.

Seguramente que la expedición de marras se constituyó a semejanza de la conquistadora en España. Se confesaron, oyeron misa con eucaristía, juramento, i demás formalidades rituales, para lanzarse como quien dice al Océano en una frágil almadía. I visto está

que llegaron a culminar en tan espeluznante empresa, a juzgar por la fogosa improvisación poética en que estableció uno de los expedicionarios. Tal vez en números anteriores al del 15 de Abril de 1873 de "El Eco de los Andes", se hubiese publicado los nombres de tan audaces cateadores; el número del que entresacamos la inserción que va al pié del presente comentario, no permite formarnos idea cabal de tan interesante aventura; pero prueba que llegaron a contemplar el coloso espectacular. De otro modo el poeta no hubiese prorrumpido en un arranque tan frenético ante la maravillosa visión. Pero ocurre preguntar: ¿cuál fué el resultado de los expedicionarios? Retornaron sin novedad al punto de partida? Trajeron algunas muestras de la victoria? Por qué no organizaron otra exploración de mayores proyecciones solicitando la intervención del gobierno? Polvo i olvido, sobre tantas energías desplegadas, tantos ensueños frustrados.

---

## PAUCARTAMBO

### El famoso Camante o Cerro de Oro

---

Insertamos algunas de las cláusulas del contrato celebrado por los expedicionarios que se dirijieron hacia la región donde se presumía hallarse el famoso cerro de oro, tal como aparecen en EL ECO DE LOS ANDES.

(Continuación)

3º—Se sacará registro y salvaguardia en favor de la compañía; y se invitará al Gobierno para que tome una, dos o más acciones en las labores, y especialmente en la obra esencial de la apertura de los caminos.



4º—Si se padeciese alguna invasión de bárbaros, acometimiento de fieras, caída al río, pérdida en el monte por uno o más de los socios, está obligado cada uno de por sí y todos en general, a tomar la defensa y prestar todos los auxilios posibles, so pena de perder la acción o derecho que tuviera en los descubrimientos y de ser expelido del rol de los socios, sin dársele socorros para su regreso, como no los supo prestar. Si ocurriese alguna asonada o desobedecimiento de los cargadores y dependientes, se defenderán todos simultáneamente hasta vencer o morir en la demanda. Si por algún contraste ocurre una dispersión involuntaria en el bosque, se señala el río Mañiri para la reunión, sin perjuicio del deber que tiene cada uno de buscar a los otros por 24 horas.

5º—Si alguno enfermase, se suspenderá la marcha en el lugar donde se imposibilite para pasar adelante; se le asistirá lo mejor que se pueda, y ninguno se moverá hasta su sanidad o muerte; salvo, cuando la enfermedad anuncie dilación, en cuyo caso será conducido el paciente al pueblo.

6º—Se nombrará *viva voce* y a pluralidad absoluta un Jefe o director de la compañía, a cuyas órdenes se someterán voluntariamente los miembros de ella. Se le reconocerá inmediatamente que concluya el presente acuerdo, de cuya observancia y cumplimiento se encargará él mismo. A los socios les queda el privilegio de proponer, aconsejar y observar.

7º—Cualquiera que exija distinción, preferencia, etiqueta o se le notare contradicción, prevención contra el bien común de la compañía, u otra cosa semejante; será requerido y amonestado por 1ª y 2ª vez, y en la 3ª será despedido, dándosele sólo un indio de compañero y los víveres necesarios. Este artículo comprende al que quiera subvertir el orden como díscolo, egoísta o ambicioso.

8º—Los miembros de la sociedad expedicionaria se comprometen libre, franca y espontáneamente, sin

coacción la más pequeña, a cumplir lo estipulado en los artículos anteriores, y a profesarse entre sí una verdadera y consecuente amistad, con la señal expresiva de *Camantino*, cuya palabra servirá de recuerdo y estímulo.

Celebrado el pacto anterior, merecí el honor de ser nombrado Jefe o cabeza de la compañía expedicionante, y juré ser el primero en cumplir todos y cada uno de los artículos del tratado, desempeñando fiel y exactamente los deberes a que me ligaban. Hecho todo, nos echamos a dormir, después de haberse tomado las precauciones necesarias para impedir las ofensas de fieras y reptiles.

A las 5 de la mañana saludamos al día y dimos gracias al Autor de la naturaleza. Almorzamos lo que se pudo cocinar y partimos con el semblante menos triste y con más resolución que el día anterior. Vencimos varios trechos muy expuestos, por donde era preciso pasar despreciando la vida. Tales eran las barba-coas de San Francisco, peores que las insinuadas anteriormente, algunas escaladas y rodaderos. En el sitio Ccahuasiri encontramos un pequeño río, que baja por una quebradita profunda, estrecha y acostada de peñas. Para atravesarlo se habían tendido dos palos con escalas de otros delgados, que se encontraban a la distancia de 3 o 4 pies.

A poca distancia se presenta al caminante el temible peñón de *Choquellusca*. (22) Era preciso verlo para formar idea perfecta del precipicio que contiene. Figúrese el lector un medio-cerro de peña lisa en una altura perpendicular con el río al pié y monte impenetrable por arriba; un pedazo de ella lavado por una agua lamosa que sobre su natural suavidad, la hace como bruñida. En tal cual sitio se encuentran algu-

---

(22) *Choquellusca*. Significa legítimamente resbaladero de oro, aunque otros traducirían rodadero de oro.

nos botones que nacen de las pequeñas grietas que se ven. Por aquí es que tuvimos el atrevimiento de avanzar.

La oscura senda que nos guiaba estaba plagada de escollos y se acabó a las 2 leguas y media, a cuya distancia existe el cocal conocido por Miraflores. Unos indios que habían entrado a recojer su coca (23) nos recibieron con humanidad brindándonos un poco de esta yerba, algunas cañas, piñas y plátanos que nos sirvieron de arrogante refrigerio. Nuestro itinerario señalaba por mansión la hacienda *Sausipata*, 3 leguas más allá. Estábamos cojos, cansados, hambrientos y extenuados por el sudor; la provisión se adelantó a dicho punto y no teníamos qué comer de sustancioso; nos esforzamos a redoblar la marcha. Al río Cadena (24) llegamos casi exánimes y algunos cayeron al agua, porque la debilidad en que nos puso el sudor no nos dejaba fuerza en las piernas para forzarlas, pero no hubo avería. A media legua escasa arribamos a la ansiada *Sausipata*: allí se nos presentaron muy superiores plátanos y piñas singulares; una de ellas tenía más de 15 libras, y no se dejaba rebanar por que se deshacía en almíbar. ¡Con cuánta gana nos las engullimos en menos de lo que dura un *Ave María*!"

Después de algunas peripecias que sufrió la expedición, poniendo a prueba el temple heroico de quienes la componían, una mañana de esas, a la manera como los fatigados navegantes capitaneados por Colón, gritaron tierra! el maravilloso CAMANTI apareció ante la mirada atónita de aquellos.

Uno de los compañeros saludó al cerro diciendo:

---

(23) "A recojer su coca". Véase lo dicho en el capítulo 2º del descubrimiento.

(24) "Al río Cadena". Lleva este nombre desde tiempo inmemorial, porque para pasarlo es preciso que los hombres se encadenen unos con otros por los brazos, para evitar caídas y muertes que causarían el piso muy rebaladizo y la rapidez del río.



¡Salve Gran Camante  
cerro poderoso!

Tu nombre hermoso  
como consolante  
mi nusa hoy cante  
de admiración llena.  
De oro tan amena  
tu entraña mantienes  
de cuna a pie tienes  
oro que te baña.  
Desde mi cabaña  
tu nombre contaré  
y siempre admirará  
tu magnificencia,  
con la complacencia  
que al viviente inspira,  
tu cumbre que mira  
con serena frente  
a todo cuanto ente  
domina su altura  
con grave hermosura.

Abre compasivo  
tu seno altivo,  
a los desgraciados  
que tan agitados  
llegan a buscarte.

Por sólo encontrarte  
venir emprendieron:  
todo lo vencieron  
con atrevimiento,  
aun en el momento  
en que los peligros  
confunden los siglos,  
con la negra muerte:  
y en que el más fuerte  
se humilla muy luego  
en medio del fuego  
que abraza tu monte  
desde el oriente.

Saltando por breñas  
y escalando peñas,  
tus lajas rodando  
y ríos pasando,  
al fin han logrado  
haberte admirado.

Y pues ya venimos,  
todos te decimos  
con bastante gozo  
y alegre el semblante:  
"¡Salve Gran Camante  
cerro Poderoso!"

## EXPEDICION AL MADRE DE DIOS

"Publicamos a continuación la nota dirigida por el señor Prefecto del Cuzco, al señor Ministro de Gobierno, con el fin de que nuestros lectores se impongan del caso inesperado que aconteció a los expedicionarios de Paucartambo en el río "Madre de Dios".



## REPUBLICA PERUANA

Prefectura del Departamento  
del Cuzco.

Río Madre de Dios, Julio 1º de 1873.

Señor Ministro de Gobierno, Policía y Obras Públicas.

S. M.

Un suceso inesperado y grave ha venido a perturbar la marcha de la Expedición.

Situado el campamento en una vasta playa de cerca de trescientos metros cuadrados y comprendida entre la margen derecha del río Madre de Dios y al pie de la montaña a fin de hallarse a cubierto de las emboscadas e invasiones de los salvajes, que más de una vez han comprometido y dispersado otras expediciones, se ocupaba la que está a mi cargo de la construcción de balsas y demás preparativos para alistar el viaje hacia el Marcapata.

En tales circunstancias ocurrió que en la noche del 27 de Junio anterior, se desencadenó una fuerte tempestad sobre el campamento, siendo probable que en la cordillera coincidiese igual fenómeno. Este acontecimiento trajo por resultado una creciente considerable en los ríos Pilcopata, San Juan y Ccosñipata, que aumentaron las aguas del Madre de Dios, hasta el extremo en que el campamento se vió instantáneamente inundado por completo a las 4 a. m. del día 28.

Nuestro primer cuidado se dirigió a poner en salvo una canoa y las balsas en construcción, que ya flotaban y se hallaban arrastradas por el agua, acudiendo en seguida a evitar la pérdida del armamento y equipo que pudo haber causado un torrente que se precipitó por el centro del campamento, al mismo tiempo que un brazo del Pilcopata cortando el bosque lo circunvaló hasta dejarlo reducido a una pequeña isleta, amenazada siempre del peligro.

El ancho natural del Madre de Dios es de ciento treinta metros y la creciente subió a unos treinta y ocho metros sobre este nivel en el espacio de tres cuartos de hora, las aguas se extendieron treinta y ocho metros mas allá del cauce natural, el brazo que separó la playa del bosque llegaba a treinta y cinco metros de latitud.

Aparte de algunos daños consiguientes sufrimos la destrucción de los puentes levantados sobre el Pilcopata y el Tono, de cuya construcción se ha dado cuenta a US. anteriormente y en la que se había procurado la mayor solidez posible, eligiendo para sus bases los puntos más firmes y elevados, teniendo en cuenta que la estación de lluvias no desaparece por completo por estos lugares.

Este contratiempo por adverso que haya sido, no ha menoscabado en manera alguna el entusiasmo de los abnegados ciudadanos que me acompañan, sirviendo por el contrario a retemplar su ánimo y resolución para continuar al travez de cualesquiera futuros obstáculos, el propósito de obtener los altos fines que están encomendados a su patriotismo.

En tal virtud, me es grato anunciar a US. que el día de mañana continuó la marcha por tierra y por el río, hacia la confluencia con el Marcapata.

Dios guarde a US.

B. LATORRE.



El valle de Marcapata aparece por primera vez en la historia del Coloniaje hacia el año 1595, como región productora de coca; aunque por los indicios existentes se comprende que ya tenía gran prosperidad en tiempos de los Incas. Las tierras ocupadas se extendían sólo hasta el cerro Camantí, que poco después co-

menzó a llamar la atención de los españoles por su riqueza aurífera que es tradicional. El valle se pobló de mineros y de agricultores que establecieron haciendas de coca, cuyo número pasaba de veinte, favorecidos por una disposición real que eximía de la mita en las minas del Potosí a los indígenas de la jurisdicción de Marcapata, conocida entonces con el nombre de valles de Cuchoa; lugar importante residencia de un cacique, cuyas ruinas se ven en la vecindad de la actual hacienda de Saniaca.

La prosperidad del valle siguió creciendo hasta el siglo pasado, en que una inundación ocasionada por el derrumbe del cerro Huahuallami, dos leguas abajo del pueblo de Marcapata, arrasó todo el valle, que fué abandonado; y no se vuelve a hablar de él sino el año 1828, en que el párroco don Pedro Florez, de la doctrina de Marcapata, excitó el celo del vecindario, logrando que se abriera una senda de a pié hasta el lugar llamado Miraflores. Pero ya los salvajes de tierra adentro se habían amparado del territorio, oponiéndose a los blancos que no podían colonizar con vigor faltos de caminos.

En 1836 se realizó una expedición de mineros al Camantí sin otro resultado práctico que el de un simple reconocimiento que contribuyó a mantener latente la fama de la riqueza de ese cerro.

Hacia 1851 el General Medina, Prefecto del Cuzco, intentó abrir un camino a lo largo del valle, proyecto que puso en práctica llevándolo hasta la boca del río Hapo, por las lomas de la cadena que vá a la izquierda del valle hasta dicho río. Camino que por incompleto fué abandonado falto de tráfico; y el valle continuó desierto por más tiempo. Ocasionalmente penetraban en él los buscadores de oro, principalmente indígenas del pueblo, conocedores de los lugares ricos, que tienen hoy mismo la costumbre de hacer rápidas excursiones a lavar arenas, de las que retiran oro en polvo y a veces gruesas pepitas.



Más tarde, cuando la explotación de la quina fué un gran negocio, varios empresarios recorrieron el valle y sus quebradas hasta más allá del Camantí, sobre ambas riberas. Pero estos trabajos no fijaban pobladores y como todas las excursiones hechas posteriormente en busca de caucho y lavaderos, como las de Hiliker, Reimers y otros muchos nacionales y extranjeros no dieron más resultado práctico que todas las tentativas anteriores. Adolecían todas ellas del capital defecto que se observa en las exploraciones de nuestros industriales, por lo general hombres audaces pero con poca constancia y casi ninguna preparación para dar a sus trabajos un valor medianamente científico; de manera que los errores geográficos y de otro concepto se perpetuaban dejando al país siempre envuelto en brumas, sin que los que siguen encuentren puntos precisos de referencia para orientarse. No se llegó a hacer un croquis siquiera aproximado del valle y comarcas adyacentes y nunca se daba publicidad a los resultados obtenidos.

En 1865 viajaba por allá el sabio Raimondi, que no pudo ir más lejos del lugarcito llamado Chili-chili, a tres leguas del pueblo de Marcapata; y los datos que le dieron sobre la configuración del valle y los afluentes del río fueron enteramente erróneos.

En 1890 volvió Marcapata a despertar un interés que se tradujo por el amparo de terrenos y el establecimiento de reducidos cultivos, base de las haciendas en germen hoy existen; pero no se abordaba la primordial cuestión de caminos; hasta que en 1897 el coronel don Pedro José Carrión, Prefecto del Departamento, que entre otras brillantes iniciativas, como la de la Exposición departamental que llevó a cabo y la fundación del Centro Científico, institución de la índole de ésta, que debía dar a conocer los vastos recursos del Cuzco y sus montañas, emprendió con un tezón, no conocido hasta entonces por las autoridades, la apertura de un camino que debía terminar en el Camantí, mejorando



al mismo tiempo el poco traficado que conduce a Sicuani, directamente al lugar llamado Ttío en pleno valle, recorriendo la quebrada del río Salcca o Combapata que afluye al Urubamba y la de San Andrés que baja de Marcapata. Comprendió, pues, la importancia comercial de esta ruta, que pone al Camantí, como centro minero de primera clase, a 170 kilómetros de distancia máxima de Sicuani, última estación del ferrocarril, donde debe converger forzosamente toda la producción del valle. Desgraciadamente el infatigable coronel Carrión dejó el puesto cuando el camino estaba a la altura de Saniaca, nueve kilómetros antes de Camantí, sin que se le pudiera dar el último toque; el trabajo se dejó de lado; las lluvias dañaron algunas secciones del camino permitiendo la entrada de bestias cargadas sólo en la estación seca, con dificultad.

En las excursiones que he hecho en diferentes épocas a la región de los lavaderos y a la del caucho al otro lado del Camantí, donde se decía ser el Marcapata navegable en canoas, he podido formarme una idea bastante precisa de la disposición topográfica del valle, de su hidrografía, de su posición con respecto a las zonas vecinas conocidas y de sus producciones y recursos; he podido también levantar a la brújula un plano sirviéndome como puntos de orientación lugares y altas montañas de posición determinada, visibles desde puntos muy diversos en el trayecto; compulsando cuidadosamente todas las referencias sobre las secciones que no he recorrido personalmente. (1)

---

(1) Estas excursiones, llevadas a cabo en los años 1898 y 1899, fueron hechas acompañando como guía e intérprete a una misión francesa dirigida por Mr. Emile Delvallée. Serios y minuciosos estudios fueron practicados en la región minera, prestando todo interés a la explotación del caucho y a la navegabilidad del Marcapata y Madre de Dios. Los resultados obtenidos fueron de los más satisfactorios pero mediaba un interés privado de parte de los de la misión para que se les diera publicidad inmediata.

En el puente de San Pedro, a 20 kilómetros de Ttío, (1330 metros sobre el mar) empieza a modificarse el aspecto del valle. El camino pasa a la ribera derecha del río; este puente, mandado construir por el coronel Carrión, era de cables de alambre y sólidamente establecido; fué arrastrado en diciembre último por la crecida que arrasó Ttío. El bosque es ya netamente tropical; aparecen las palmas y los árboles corpulentos; las vegas son más espaciosas y las faldas de los cerros, que disminuyen de altura cada vez más, se hacen tendidas y apropiadas para el cultivo; están abundantemente regadas por fuertes torrentes que pueden proporcionar también enorme fuerza motriz. En algunos trayectos el camino recorre faldas rápidas que lo hacen casi impracticable, sobre todo cuando llueve. Se recorren los terrenos de Sirigua y Providencia, donde se encuentran algunos cultivos; la vasta y magnífica vega de Miraflores que no está ocupada; el pequeño local de Moroto, donde también se cultiva café y caña, es la única propiedad que produce un poco de coca que es de excelente calidad; pues sus terrenos son los más apropiados que se conocen para esta planta. Hoy que esta hoja ha alcanzado tan alto precio la agricultura en el valle podría ser muy remuneradora. El camino se hace cada vez peor, por los pantanos, por los trayectos arcillosos y por la densa maleza del bosque, hasta el pintoresco valle del río Cadena, el más importante afluente del Marcapata después del puente de San Pedro; tiene un ancho cauce y fuertes avenidas que no permiten colocar puentes estables de madera y casi siempre se le pasa a vado; nace en los pajonales que coronan los cerros que dominan esta parte del valle. Cadena, hacienda en formación, dista 24 kilómetros del Puente de San Pedro y está a 1010 metros sobre el mar.

A los 7 kilómetros se llega a la hacienda de Sania-ca, la más importante del valle, pasando en el trayecto el pequeño río y la hacienda de Sausipata, con una

hermosa vega de alto bosque y el riachuelo de Cuchoa en cuyas faldas se hallan las ruinas de esta población que daba su nombre al valle.

Saniaca (980 metros de altura) es el último lugar habitado y el término de la actual trocha que recorre el valle; cultiva café, caña de azúcar, yucas y plátanos; y a pesar de haber sido establecida desde 1894 no ha progresado. No se puede esperar ningún desenvolvimiento en ese valle mientras no haya un buen camino; siquiera de herradura, con buenos puentes; los propietarios de esa región muestran mas bien una rara tenacidad al resolverse a pasar año tras año sin sacar provecho, ni poder fomentar decididamente sus propiedades, esperando la apertura de un camino que ha sido decretado por el Congreso y consignada su construcción en el Presupuesto, pero que no llega a hacerse nunca. Generalmente los propietarios y los exploradores tienen que gastar tiempo y dinero para hacer ellos mismos la mejora del camino o construir sus puentes con enormes esfuerzos, so pena de quedar encerrados y sin comunicación ninguna con el exterior.

Por la ribera izquierda existe también una senda desde San Pedro hasta el río Chontapunco, frente a Saniaca, que sirve para la comunicación de los pequeños cultivos de esa ribera, de los que Caradoc, en la boca del río Hapo, establecido por unos ingleses, tiene tanta o más importancia que Saniaca; luego viene Escopal hoy abandonado y antes muy importante; su río tiene el caudal del Cadena; más adelante se hallan los cultivos de San Cristóbal y los roces de bosque en Chontapunco, donde se empieza a establecer otra hacienda desde el año pasado.

La tala del bosque y preparación del terreno es una operación difícil que allá se hace toda a mano, pues no se han llevado todavía bueyes ni mulas de labranza por falta de pastos con qué alimentarlos. Se comprenderá así la labor improba de esos pioneros de Marcapa-



ta que hasta la carne y el pan tienen que comprarlos en Urcos a 180 kilómetros de distancia.



Y ese es el país del oro! A 9 kilómetros de Saniaca se encuentra el Camantí, el fabuloso Camantí, objeto de tantas expediciones, donde se ven todavía los restos de los grandes trabajos hechos por el español Goiburú durante el coloniaje para explotar los poderosos filones de ese cerro, a cuyo pie corre el río Maniri, afluente del Marcapata por la derecha más importante que los del valle arriba.

El Camantí puede considerarse como el núcleo de toda la zona aurífera del valle de Marcapata que ocupa una vasta extensión de territorio y se enlaza con la región minera de la Provincia de Paucartambo por mesetas cubiertas de aluviones con oro, que arrastrado por los torrentes y las lluvias alimenta los lavaderos de las quebradas en las riberas de los ríos. Se puede trazar con bastante aproximación el contorno de tan vasto distrito aurífero indicando los lugares donde se encuentra, se ha trabajado o se trabaja el oro.

Todos los ríos del rededor del Camantí, sobre el Marcapa y sobre el río Azul, arrastran oro y tienen poderosos aluviones en ambas riberas, sobre todo los que corren al Norte del cerro en una meseta completamente plana; el oro debe haberse acumulado a la base de la sierra donde empieza el llano, arrastrado por las lluvias y los numerosos torrentes que lavan el cerro, que no sólo está cruzado por filones sino también en partes de aluviones de una tierra colorada arcillosa con guijarros angulosos de cuarzo y de otras rocas de todos tamaños que contienen oro y forman lo que se llaman aventaderos.

Por la izquierda del Marcapata, alrededor del Yanaorcco, se halla la misma formación que se continúa por las lomas y los valles de Qqueros y Marcachea,

donde tantos lavaderos se trabajaron antiguamente. Todos los ríos afluentes del Marcapata por la izquierda contienen más o menos oro y han sido y son trabajados por los indígenas a la batea, encontrando el metal en chispas, charpitas, pequeñas y grandes pepitas, todas chatas, como aplastadas entre los grandes rodados. En el pueblo de Marcapata se compra una cantidad de oro no despreciable por pequeñas cantidades a los indígenas y los buscadores; pues hasta hoy nunca se ha establecido un trabajo siquiera medianamente regularizado; son muy comunes las pepitas del peso de una libra esterlina. (1)

Las tierras auríferas se continúan hacia la quebrada de Pilcopata en Paucartambo, alrededor de la Alcumbrera, en Ocongate, en Capana, en Churo y en el cerro Incacancha, donde también se encuentran vetas. Esta zona ha sido en otro tiempo muy trabajada; y se calcula, por Gohring, en tres millones de pesos la producción a principios del siglo. El mismo ingeniero dice que no se han trabajado allí minas con ley menor de 20 onzas por cajón. La ley de los aluviones varía de  $\frac{1}{2}$ , 2, 5 y 12 onzas por cajón, haciéndose hallazgos de pepas hasta de 12 onzas. Nystrom, otro ingeniero del Estado, que estudió esta misma zona dice que, en los ensayos que practicó, la ley que encontraba era siempre superior a la que había hallado en California, cu-

---

(1) Al rededor del Yanaoreco nacen de una serranía llamada de Escopetani los ríos Chontapunco y Basiri de fama tradicional por su riqueza que desembocan al Marcapata. Los aluviones de estos dos ríos han sido amparados por una compañía francesa que ha adquirido los títulos de propiedad de gran número de pertenencias. De la vertiente occidental de los cerros de Escopetani nacen otros riachuelos que tienen fama de muy ricos. Estos como el Chontapunco y el Basiri derivan el oro de los vastos aluviones que cubren las lomas y faldas de los cerros y que contienen el oro mezclado con cascajo en que predomina mucho el cuarzo y restos de rocas graníticas cementados por una arcilla roja muy plástica. Estos aluviones llamados aventaderos son la fuente de todo el oro que se encuentra en las arenas de esos ríos; pues no se han encontrado en la vecindad filones que se encuentran ya muy lejos en la cordillera hacia Paucartambo.

vos trabajos visitó antes de venir al Perú. Allá la ley varía según los distritos de 2½, 7, 12 hasta 15 peniques, por yarda cúbica. En Australia la ley varía entre 23, 32, 48 y hasta 130 granos troy por tonelada de aluvión. Los lavaderos de Marcapata han pasado siempre por más ricos que los de Paucartambo. (1)

La causa primordial de que no obstante tanta riqueza, el Cuzco produzca menos oro que antes, que vayan desapareciendo hasta los antiguos *auquis* o mineros indígenas, que todas las minas estén abandonadas es, sobre todo, la falta de caminos y de enseñanza que mantenga siquiera la tradición del trabajo y del provecho que se saca; tampoco se hizo nunca propaganda sistemada que atraiga el extranjero; y el Cuzco, departamento tan rico en minas de todo género, no ha tenido en ningún tiempo una escuela práctica de mineros como las de capataces establecidas en el Cerro de Pasco y aún en Puno, que relativamente tiene menos importancia minera que el Cuzco. Sorprendería a todos si se hiciera un estudio siquiera somero de la potencia minera que puede desenvolver el departamento dándole un ligero impulso.

Voy a transcribir lo que decía Nystrom a este respecto en su informe al Supremo Gobierno en 1868: "La gente manifiesta por lo general un deseo vehemente de aprender el modo de trabajar y beneficiar los minerales, pero carecen de medios para satisfacer tan laudables deseos. Con no poca frecuencia se me indicó

---

(1) En el Ural la ley media varía de 32 a 60 granos por tonelada de aluvión. En el Brasil, en Minas Geraes, donde se trabaja sobre todo filones la ley varía entre 130, 150, 200 y 218 granos por tonelada de mineral. En Nueva Zelandia el resultado que se obtiene de los filones es generalmente de 1 onza por tonelada. En el Transvaal es ventajoso trabajar minas que dan 240 granos término medio por tonelada. En Sandia, en el distrito de Poto la ley de los aluviones, según Hilfiker, varía en las diversas localidades de 12 centavos oro por yarda cúbica a 25 y 35 centavos oro. No hay que olvidar que la región aurífera de Marcapata y Paucartambo no es más que la continuación de la de Carabaya y Sandia.



que deseaban entrar en una especulación de minas que diera buen resultado para irse a Lima o a algún país extranjero a pasar el resto de sus días. Idea que efectivamente se ha cumplido durante muchos años y que debe considerarse como una de las causas del retroceso del interior del Perú. El más ligero síntoma de vida industrial y de instrucción técnica satisfaría al pueblo y lo induciría no solo a no abandonar sus lares sino a ver también que no les sería posible encontrar un lugar mejor para vivir".

"A fin de conseguir que esta propensión redundase en su progreso yo propondría el establecimiento de un Instituto Tecnológico, con escuela de minería en el Cuzco, organizados por algún tiempo de manera que todas las clases, sin distinción de edad, pudiesen entrar en cualquiera época a aprender el ensayo y beneficio de los minerales más importantes y los rudimentos de las leyes físicas que comprende esa operación".

"Otra de las grandes necesidades que se hace sentir en el interior es un compendio ilustrado sobre los sistemas modernos más usados en las minas de oro y plata y los diferentes beneficios de los minerales, adaptando a las actuales necesidades y recursos del país. Un libro de esta clase promovería desde luego una extensa explotación minera de oro de aluvión y evitaría errores y pérdidas en operaciones más difíciles y complicadas". (1)

---

(1) Llama la atención que en todo el tiempo que se trabaja el oro de aluvión en los diversos distritos auríferos del departamento del Cuzco: Marcapata, Paucartambo, Chumbivilcas y otros, nunca se ha ido más lejos del primitivo procedimiento de la batea, con la cual el operario más diestro solo puede lavar 40 bateas máximo por día o una décima parte de metro cúbico; cuando con un rocker, cuyo costo de construcción no es más de 20 soles, se puede lavar de 3 a 6 metros cúbicos por hombre y por día, según la mayor o menor cohesión de los aluviones. Si hoy con la batea se obtiene un resultado de 30 a 50 centavos oro, por hombre y por día, en sitios reconocidos como buenos, con un rocker se podría obtener en los mismos lugares un resultado 10 a 20 veces mayor, salvando tiempo, gastos y robos.



En el Camanti principia la parte desconocida del valle de Marcapata, sobre la que se tenían sólo noticias vagas. Una vasta llanura limitada al sur por la cadena del Camanti se tiende hacia el E y NE, donde se divisa otra cadena que cierra el horizonte; al N se observa una alta terraza que acompaña todo el curso del Marcapata con rumbo NE generalmente y franco al E en algunas secciones. Esta terraza termina en un cordón de altas colinas que se extiende desde el Yanaorcco hacia el E; son las crestas escarpadas de que habla Gohring que acompañó al coronel La Torre en su expedición al Madre de Dios por Paucartambo; distan 25 kilómetros del Marcapata y se reúnen con las colinas del NE. Al pié de esta cadena, que puede llamarse del Inambari, corre un río caudaloso que durante mucho tiempo se ha tenido por el de Carabaya, lo que dió lugar a opinión generalmente admitida de que el Marcapata se echaba al Inambari.

Su valle se divisa de la boca del río Azul en considerable extensión al sur y se une con el Marcapata, que los salvajes llaman Araza, a una distancia no mayor de 25 kilómetros del río Azul. Separa las cuencas de estos ríos una llanura sin ninguna eminencia cubierta de denso bosque, cuya uniformidad sólo es interrumpida por las cañadas de los ríos que abren en ella un hondo surco. Nosotros encontramos el río de los Patos y el de las Chacras a 20 y 25 kilómetros del Camanti; la boca del río Azul o Choquecancha está a los 30 kilómetros.

Los Arazairis, que navegan el Marcapata y el Palca en canoas, refieren que bajando un día de la confluencia de ambos se llega a otro más grande, donde navegan lanchas a vapor y trafican los blancos, al que llaman *Manukierí Cuyena*, el cual no es otro que el Madre de Dios, que debe encontrarse a los 40 kilóme-

tros más o menos. El curso del Marcapata es paralelo al del Madre de Dios y de las colinas del Ccoñej se divisa, según Gohring, el valle del Araza a corta distancia.

Yo tuve que volver de las inmediaciones del río Azul pues los cargadores habían fugado la noche anterior al día que lo encontramos; mis compañeros que quedaron reconocieron el Palca por una senda en el bosque; y, posteriormente, ellos mismos tuvieron que regresar sin que la expedición proyectada para bajar el Marcapata y el Madre de Dios hasta el Madera y el Amazonas tuviera el éxito que esperábamos. Desde el río Azul se ve al Marcapata correr en un ancho valle formando numerosos brazos que encierran muchas islas con bosque alto. (1)



Para formarnos una idea cabal de la importancia del valle de Marcapata sigamos el curso de este río hasta los establecimientos bolivianos; así podremos observar el gran desenvolvimiento de la explotación del caucho y asistir a una evolución comercial que nos atañe muy de cerca.

Oigamos ante todo a M. Viellerobe, que en una comunicación a la Sociedad Geográfica de París, dá somera cuenta de su excursión al Inambari que debía explorar, por cuenta de un sindicato francés, con el objeto de abrir un camino desde un punto de ese río a la estación de Sicuani; camino que desviaría por Mollen-

---

(1) El lecho del Marcapata, comprendiendo sus playas, llega en partes a más de un kilómetro de ancho; las playas y las islas están cubiertas de pastos y gramíneas diferentes en tanta cantidad que se podría mantener en ellas desde el momento buen número de cabezas de ganado. Las tierras son fértiles y bien regadas, con ligera inclinación y excelentes faldas al pié del Camanti. Es la región por excelencia para el cultivo del cacao en grande escala. En esas playas encontramos numerosas matas de vainilla fina que podrían suministrar millares de plantas para una plantación artificial.



do todo el comercio de caucho y mercaderías del Madre de Dios, el Beni y sus afluentes, servido hoy por la pésima ruta de las cataratas del Madera. Debió entrar por Marcapata, pero diversos inconvenientes lo obligaron a tomar la ruta de Fiscarrald descendiendo el Urubamba. He aquí sus palabras:

"Tres días después, y 65 kilómetros más abajo del Marcapata, la expedición llegó al fin frente al Inambari, el misterioso río, objeto de tantos errores y controversias entre varios países, en el que ningún blanco había penetrado aún. Eos salvajes le llaman río Azul a causa de la transparencia de sus aguas".

"El Inambari es un verdadero torrente, como el Marcapata y el Madre de Dios arriba de su confluencia con el Manu. En partes el lecho del río alcanza 800 metros de ancho; a pesar de este gran volumen de agua no es navegable a vapor y la violencia de su corriente hace seriamente peligrosa la navegación en canoas en muchos lugares. Viene en línea recta del SO".

"Desde el tercer día de subida tuvimos que rechazar a los famosos salvajes Guarayos, completamente desnudos que se mostraron hostiles. Este mismo día divisamos al Sur una cadena de altas montañas cuyas principales cumbres cubiertas de nieve nos cerraban el horizonte. Se extendía del Este al Oeste a una distancia de cerca de 200 kilómetros de nosotros. No podía ser otra que la cadena de montañas que se extiende del nudo del Vilcanota hacia las fuentes del Inambari. En la tarde del sexto día habíamos hecho 40 kilómetros y como el aspecto del río no se modificaba juzgué esta ruta imposible como vía comercial y volví con la expedición al Madre de Dios".

"Desde el segundo día de surcada era fácil ver que el Inambari es más caudaloso que el Madre de Dios y para estar completamente seguro medí la profundidad, el ancho y la velocidad de la corriente de los dos ríos en condiciones exactamente iguales. He podido convencerme, en vista de los resultados, que el Madre

de Dios es al Inambari como tres a cinco. Su confluencia está por los 72° 14' 33' de longitud Oeste de Paris y 12° 41' 20' latitud sur y a una altura de 209 metros sobre el nivel mar".

"Después de recibir el Madre de Dios, el Inambari toma una dirección general hacia el Este y recibe por la izquierda el río Las Piedras y después por la derecha el Tambopata, o Río Colorado, llamado así por sus aguas rojizas, que se encuentra 68 kilómetros más abajo que la embocadura del Madre de Dios. Este río es muy importante y fué tomado por el Inambari en la primera expedición que los bolivianos hicieron en estas regiones. Una colonia peruana destacada del Manu acaba de establecerse allí en busca de caucho".

"A partir de este punto el Inambari, antes Madre de Dios, que se dirige al NE. toma el aspecto imponente del Ucayali; pero a pesar de su enorme masa de agua no es navegable a vapor durante la estación seca, a causa de los rápidos que se encuentran. Más lejos recibe por la derecha los afluentes Heath y Beni y por la izquierda el Orton y en fin, un poco más abajo, unido con el Mamoré, forma el Madera".

"Viendo que las rutas del Mishagua y el Inambari eran desfavorables, no me quedaba por examinar sino la vía del Purus".

Después de tomar informaciones exploré una parte de los ríos y del terreno y juzgué esta ruta muy preferible a las demás. En efecto: haciendo pasar un buen camino o una vía Decauville, desde el término de la navegación a vapor en el Acre, directamente a la embocadura de Orto, 230 kilómetros, se aseguraba al comercio de la región una comunicación rápida y constante con Europa".

Si M. Villerobe hubiera estudiado con más detalles y detención la vía del Inambari y sobre todo la de Marcapata, con todos los datos que se conocen al presente, creemos que su opinión habría sido la nuestra; es decir, que para el comercio del Bajo Madre de Dios

o Alto Madera, la vía de Marcapata es preferible, más hacedera y de más provechosos resultados, bajo el punto de vista económico.

Pasando por alto lo de que el Inambari no puede ser navegable a vapor, pues solo él ha podido juzgarlo, no somos de su opinión en lo que respecta al Madre de Dios. La aseveración de que a pesar de su enorme volumen de agua, este río no es navegable a vapor en la estación seca, no debe tener más fuerza que la que tiene para otros ríos, que están en el mismo caso y sin embargo sirven un importante tráfico. La estación seca en la cuenca del Madre de Dios no pasa de noventa días, durante los cuales se cuenta todavía con el recurso de las crecidas periódicas en las lunaciones cada quince días, que llueve en una u otra zona de la cuenca, sobre todo en la proximidad de la cordillera, hecho conocido de todos los que navegan en los ríos de todo el mundo y que disminuye a un minimum la duración vaciantes peligrosas; ocho o diez días de atraso que pueden preverse no imposibilitan como ruta comercial o vía navegable un río que se puede recorrer durante nueve o diez meses; ni siquiera las vaciantes son de todos los años. El Purus y el Acre están en el mismo caso en su parte alta, y no por eso dejan de ser vías fluviales importantísimas sirviendo un tráfico colosal con regularidad a la que se adapta el comercio. La utilidad de esa ruta no depende tampoco de su perfección completa sinó de las conveniencias y necesidades actuales de nuestro país y las poblaciones que igualmente buscan salida diferente de la del Madera. Tampoco es de creerse que la empresa de establecer un ferrocarril entre el Orton y un puerto del Acre, cruzando una región baja, inundadiza, surcada por numerosos ríos, en un trayecto de 230 kilómetros; además de ser mal sana, desierta, se puede decir, y con el solo objeto de servir un tráfico reducido; sea más práctica, bajo el punto de vista utilitario, que hacer pasar ese mismo ferrocarril en un trayecto de 280 kilómetros,

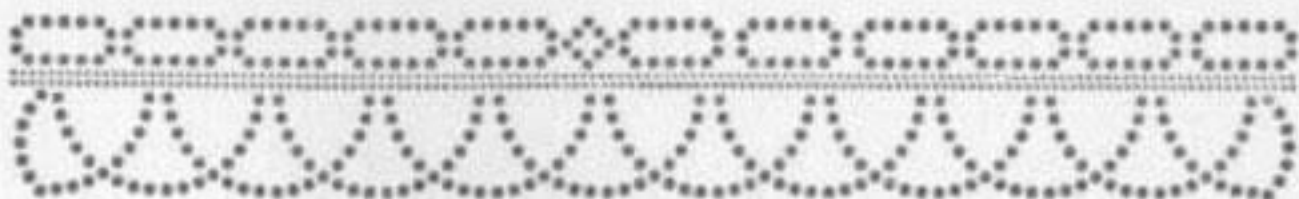


maximum, pero a través de una zona poblada de gran producción, buen clima y con muchos e inmensos elementos para desenvolver un tráfico colosal. Esta es la vía de Marcapata, cuya longitud entre Sicuani y la boca de este río es la señalada y serviría no solo la exportación del caucho y el transporte de mercaderías para un mercado limitado, sino también el movimiento de una región minera, agrícola y de mayor consumo por su gran población.





**DR. LEONARDO VILLAR ILUSTRE POLÍGRAFO CUZQUEÑO**



# Choqqe - Kkirau

Etimología: Consta de dos voces quechuas: "Choqqe", genérico, "Metales". No es como muchos pseudo-quechuólogos sostienen: "Oro", que en cualquier tierra de garbanzos es, "Ccori". "Kkirau": "Cuna". Conclusión: "Cuna de Metales"; pero nunca, "Cuna de Oro". Los que tal teoría sostienen, deberían comenzar por decir: "Ccori-Kkirau", i no, como ha conservado la tradición: "Choqqe-Kkirau". Es muy fácil establecer la enorme diferencia que existe entre "Ccori Cancha" i "Choqqe-Cancha". Entre "Ccori-Marca" i "Choqqe-Marca", etc.

En algunos pueblos de la provincia de Abancai, se decía que, en la margen derecha del Río Apurímac, en el Gran Cañón de "Inca-Huasi", existía una población primitiva con aquel nombre tan sugestivo. Seguramente pasaron algunos siglos desde la desaparición del último habitante de aquel Gran Pueblo.

En 1896, el prefecto de Apurímac, don Julio C. de Piérola, hizo la primera tentativa de atravesar el Río Apurímac, que hasta hoi, es la valla infranqueable que guarda aquella región maravillosa.

Como siempre, con el sacrificio de varias vidas de los parias que fueron obligados por el ronزال del cachaco, a concurrir a la apertura del camino, se pudo cruzar el Apurímac, logrando trepar la escarpada roquería de la margen derecha, hasta la distancia de cuatro



kilómetros, donde los expedicionarios fueron totalmente dominados por el hambre, la sed, i todo el cúmulo de calamidades que, en aventuras de esta naturaleza, marchan a la misma altura de los hombres de poca fé. ....(Aquí, como en toda empresa peruana, faltaron los trece de la Isla del Gallo).

Nuestro ingenioso consejero Marden, como buen yanque, dice: "Siempre Adelante"; pero, todos los latinos dicen: "Siempre Atrás". Así, así, los presuntos redescubridores de aquella Gran Cuna, voltearon las espaldas, asustados por haber tocado la puerta de la Gloria.....

Doce años después, en julio de 1908, gobernando el levantisco pueblo de Apurímac, el que fué buen hijo del Misti, don Juan José Núñez, se puso sobre el tapete, seguramente por algún desocupado, la existencia de aquella ambicionada Cuna, oculta entre las enmarañadas faldas del último cono del viejo i canoso Salccantai. Llevada la charla casera a los oídos prefecturales, con todo el aderezo fantasmagórico de estilo, el señor Núñez, creyó haber empuñado una de las cuatro patas de la milenaria Cuna de Oro.....i, no perdió segundo en meter también las cuatro patas (perdón la frase) de la Prefectura de Apurímac, formando una expedición compuesta de lo mejorcito de Abancai; i, manos a la obra.....

El personal de la expedición, estaba formado así:—

Presidente Honorario—Prefecto del Departamento, Juan José Núñez. Presidente Activo i Jefe de la Expedición, J. Alejandro Ballón. Director Técnico, Mariano Mendez (Asiático).

Vocales: Juan P. Quintana, Federico Martinelli, Mariano Ocampo, Benigno Sotomayor i Vigil, Juan N. Pinto, Tomás Pinto, Eugenio Herrera i otros. Tesorero, Manuel T. Huerta. Secretario, J. Enrique Campana. Proveedor de Víveres: Juan José Mendivil, Teniente Gobernador de Cachora.

Los Vocales eran sorteados por parejas, para salir de Abancai al lugar de los trabajos, para intervenir en todas las operaciones, acompañados del Secretariado. Esta comisión duraba quince días.

Siguiendo las huellas del señor de Piérولا, se llegó hasta las orillas del Apurímac; las órdenes prefecturales zumbaron por todos los ámbitos del diminuto departamento; se improvisó un puente de hilos de alambre telegráfico, logrando dominar las turbulentas aguas del Río, llevando el guión del primer hilo, un arrojado ciudadano Oriental. Rápidamente se tendió el puente, con cincuenta parias que trabajaban como bestias, bajo la constante amenaza del inhumano ron-zal de los esbirros que, dicho sea también, eran otras tantas bestias. Situados ya en los escarpados de la margen derecha del Río, ascendiendo rumbo a Cho-qqe-Kkirau,—sin que nadie garantizara su ubicación precisa,—se inició la desesperada búsqueda de la Cuna .....Pasaron más de cien días en el aparatoso pulular de las gentes ingenuas que, a manera de los pobladores de la región, (loros, monos, osos, reptiles, etc.,) tomaron todas las direcciones, según su leal saber i entender. Expirando ya el mes de noviembre del citado año, uno de los parias más arrojados, dió, como en Guanani, no la voz Tierra!!! sino, la de "Maccana". El buen paria, acosado por tanta penalidad, se había internado a lo más impenetrable de la selva; encuentra un muro de piedra seca; sin consultar el momento resuelve franquearlo; se presenta ante sus ojos oblicuos, un objeto, hasta entonces, desconocido, no solo para él, sino para todos los presentes; tímido pretende recoger el objeto; nota que es muy pesado i tiene sonido metálico: dá voces: se le llega uno de los más capacitados de la expedición que abismados contemplan el objeto i exclama: "Una Maccana"!! (1) Este inesperado como apreciable hallazgo, dió la clave de que la expedición se hallaba, al fin, en las puertas de la Urbe Milenaria. En efecto, después de franqueada definitivamente la mura-

lla de piedras que circunda las ruinas,—por todo el personal de la expedición que en aquel día pasaban de sesenta hombres,—comienza a divisarse galpones de piedra, andenes, calles admirablemente delineadas, habitaciones enormes de dos pisos, con balcones volantes de piedra. Una población perfecta i completa; con todas las comodidades de los pueblos modernos; entre las que más llama la atención del turista, es el perfecto servicio de agua, con una distribución tan exacta, que nada deja que desear comparando con todas las obras de la ingeniatura de nuestros días.

Ya en posesión de la Metrópoli, brotan como por encanto, los historiógrafos..... Todos son arqueólogos, .....I, total de cuentas.....Choquekkirau no era la enorme Cuna de Oro, de muchas toneladas de peso, con la que soñaron, tan ingenua i peruanamente, desde el señor Núñez hasta el último paria que formaba parte de la expedición. Todo lo contrario. Nos bastaría decir que el señor Bingham aseguraba que su población pasó de treinta mil almas.

Recorriendo i desmontando los edificios más grandes, encontramos en la ventana de uno de ellos, planchas de piedra pizarra, con estas inscripciones: "Coraceros de Castilla—1854—"José Benigno Samanéz Ocampo. Compañeros: tres hermanos Almanza.—Peones: (Sus nombres) 1864"—Una rúbrica i la figura de un Ancla en bajo-relieve, completan la plancha

.....Se dió cuenta telegráfica de este descubrimiento, al presidente señor Leguía, quien llama inmediatamente al Arqueólogo Hiram Bingham, que se encontraba en Chile. Pasa poco tiempo. Llega el Científico. Recorre la población milenaria. Se mantiene mudo. Toma algunas vistas.

Absuelve algunas interrogaciones de algún intruso. Reconstruye la prisión o local que servía de Cárcel demostrándonos la forma como sucumbían los delincuentes, sea cual fuese su edad. (Benditos tiempos). Encajona craneos. Los franquea con dirección a la Uni-



versidad de Yale. Nadie chista. Todos se quedan patidifusos ante la enormidad de talla i saber del Gringo .... Acto seguido, el señor Leguía, celoso guardián (¿?) de la Nación Peruana, ordena la desocupación de Choque-Kkirau, por todo títere de cabeza. Llega una decena de cachacos, i a ronزال limpio, exodan los alucinados huéspedes.....

En 1911, vuelve el muy ducho Bingham, como Presidente de la Comisión Científica de la Universidad de Yale, i como si se tratara de algo suyo, pasa por Abancai, se interna al valle de Pasaje, cruza mediante balsas el río Apurímac, sigue sobre los Valles de Arma i Yanama, i hace su reaparición en pleno Choque-Kkirau. Tranquilo; lleno de comodidades sin que nadie se atreva a fiscalizar sus actos, realiza sus investigaciones; practica excavaciones recoge cuanto de importante toca a sus manos; i,.....todo es trasladado a Yale..... donde la historia de Choque-Kkirau, junto con la de Machu-picchu, es escrita i publicada en Inglés. Muy bien. Buenas noches.....

Ahora, lector, estamos de "Redescubrimientos". Sería muy humano i oportuno acordarse i desempolvar aquel fósil, lamentable e injustamente olvidado, Choque-kkirau.

La visita de un grupo de hombres de Ciencia, sin hipos de notoriedad, aportaría contingente inapreciable a la investigación razonada i cronológica de los Hombres y de los Pueblos que nos precedieron.....

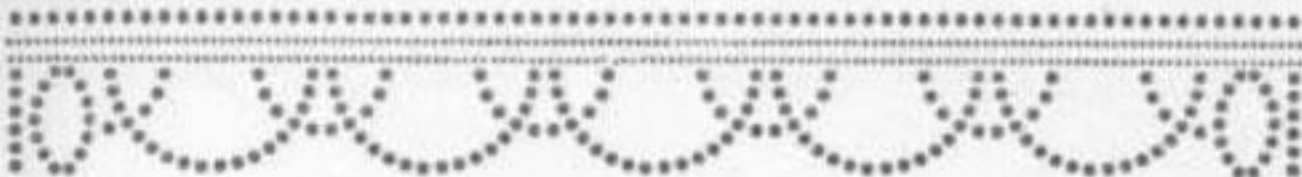
VIAJE.—Del Cuzco a Curahuasi; diez horas tomando carro hasta Río Blanco. Ciento diez kilómetros. De Curahuasi a Cachora, visitando de paso, el estupendo monolito de "Rumi-Huasi" que, seguramente, es el segundo ejemplar, en Sud América, después de Tiahuanacu, donde se admira el indescifrable trabajo de alto relieve. Treinta kilómetros. De Cachora, a unas chacras sobre la margen derecha del Río Apurímac: trein-

ta kilómetros. De aquí hasta la plaza principal de Choque-Kkirau, de 5 a 6 horas de camino a pié, gozando de una incomparable vista panorámica en todo el trayecto.

E. C.

---

(1) La Maccana encontrada en las puertas de Choque-Kkirau, pesaba siete kilos. Según el análisis, contenía tres de oro, tres de cobre i uno de material desconocido. Fue obsequiado al señor Núñez, quien, según algunas malas lenguas, negoció con el señor Bingham, en la ridícula suma de veinte mil soles. (Después de su caída política).



# OBRAS DE INGENIERIA EN EL CUZCO (PERU)

## INTRODUCCIÓN

Son tan interesantes las obras de Ingeniería que el viajero encuentra en la ciudad del Cuzco y en sus alrededores—tanto en las calles como en los templos, en las fortalezas y en las demás ruinas incaicas—que he creído conveniente y oportuno, mencionar en los ANALES de nuestro Instituto de Ingenieros de Chile, algunas de esas obras y ciertas regiones del camino, con motivo del IV Centenario de la fundación de la ciudad del Cuzco por los conquistadores españoles.



Como será indispensable recordar un poco de la historia y de la geografía de los pueblos del Perú, que corresponda a las referencias que haga del Cuzco y de sus vecindades, empezaré citando los datos que tomo de la variada literatura que hay al respecto, para agregarlos a los recogidos durante el viaje que me tocó en suerte realizar por distintas regiones del Perú, con el catedrático señor Ramón Salas Edwards y con los alumnos del 6º año de la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile.



## EL CUZCO

La ciudad del Cuzco fué fundada por Francisco Pizarro el 24 de Marzo de 1534; pero el viejo Cuzco incaico, existía desde remota antigüedad y en él, así como en sus cercanías—sin consideración lo que cuentan las tradiciones—han quedado obras municipales de ingeniería que manifiestan que en la época incaica (años 1150 a 1530) y en la preincaica, de larga duración anterior, existía una civilización sumamente adelantada.



El Cuzco antiguo, que llegó a ser la capital del Imperio de los Incas, cuyo nombre significa que era su centro, había sido fundado por Manco Capac en 1021, según el escritor peruano Mateo Paz Soldán, y habría llegado a ser la capital del Imperio, dice el publicista José Gabriel Cosío, por el año 1040, según unos, y 1100 de nuestra era, según otros. Y el catedrático de la Universidad de Lima, Carlos Wiese, anota que la época incaica puede considerarse del año 1150 al 1530. (1) Pero el mismo autor hace presente que desde muchos siglos antes de la dominación incaica, existían varias tribus en las distintas regiones de norte a sur del Perú. La 3ª de esas cuatro regiones, en medio de la cual estaba el Cuzco, era llamada de los *Incas* y era ocupada por cinco tribus: 1º los Huancas, 2º los Chancas, 3º los Queschuas, 4º los Kanas y 5º los Incas, que quedaban entre el río Apurímac por el oeste y el río Paucartambo por el este, estando el Cuzco en la parte central. Por eso es que se considera también la época preincaica, durante la cual se habrían construido o empezado muchas de las fortalezas, palacios, templos y andenes para la agricultura, que hoy se admiran en sus ruinas.



La ciudad del Cuzco está situada en la zona meridional del Perú, en la latitud  $13^{\circ} 31'$  sur y a igual distancia del océano Pacífico que del límite con la República de Bolivia, en longitud  $72^{\circ} 2'$  oeste de Greenwich y a 3,355 metros sobre el nivel del mar. El Cuzco es una de las ciudades más importantes del Perú y es célebre por su antigüedad, por sus construcciones y por las ruinas llamadas incaicas, que le han hecho merecer el título de *La Capital Arqueológica de Sud América*, como lo recomendó el XXV Congreso de Americanistas celebrado en la ciudad de La Plata (República Argentina) en 1932.

#### DE MOLLENDO A CUZCO

Se viaja a la ciudad del Cuzco, entrando por el puerto de Mollendo, que tiene la característica de sus bravezas de mar y cuyos malecones, casi paralelos, que forman una U con un trozo de la playa, presentan lo que puede llamarse un fondo de saco, donde las olas revientan y hacen imposible desembarcar en las formas usadas. Han recurrido entonces a una grúa, movida diestramente a vapor, para izar o bajar una sólida silla de madera de brazos, firmemente amarrada con cordeles, y en ella, formando un racimo humano, se embarcan de a cinco o más personas a la vez.

El puerto de Mollendo y la ciudad del Cuzco, están unidos por el importante y bien tenido *Ferrocarril del Sur del Perú*, cuya trocha es la antigua normal europea de 1.44 m., su línea muy bien conservada y de buen material, sube y baja dos veces altísimas cordilleras, recorriendo áridos trayectos o la vecindad de pintorescas lagunas, de quebradas con imponentes cerros nevados al fondo, y de pequeñas campiñas preciosas, o bordeando el lago Titicaca.

La primera jornada del Ferrocarril es hasta Arequipa, recorre solamente 172 kilómetros y subiendo

desde 3 metros sobre el nivel del mar hasta 2,301 m. 54, que es la altura de la estación de ferrocarril de Arequipa. Se llega así a la ciudad blanca, de buen clima, de atmósfera pura y transparente, donde la luminosidad del sol es especialísima, atribuido todo a la sequedad del aire, cuya humedad la absorberían los *Sillares* o piedras de sus edificios abovedados, de sus veredas y de otras construcciones; sillares que son de traquita blanquizca volcánica, porosa como la piedra pómez, fácil de tallar y de canteras próximas. Arequipa, al pie del volán Misti, que queda entre dos grandes cerros nevados, es una bonita ciudad, con buenas construcciones, muchas de estilo colonial, y con sus alrededores cubiertos de valiosas campiñas.

La segunda jornada la hace el Ferrocarril hasta la ciudad de Puno, recorriendo 350 km. 6 y subiendo desde los 2.301 m. 24, que antes anotamos para Arequipa, hasta 4,479 m. 20 *sobre el nivel del mar la mayor altura a que se llega viajando al Cuzco*, a los 187 kilómetros de Arequipa, en una estación llamada *Cru-cero Alto*—punto de la línea divisoria de las aguas que van al Pacífico por el oeste y al lago Titicaca o al río Amazonas por el este—en la cima de la Gran Cordillera, la Occidental, la de la Costa, que en el Perú divide las aguas continentales y está erizada de volcanes y picos nevados, montes y colinas, que se ramifican, constituyendo la masa gigantesca de esta Cordillera, como escribe el ingeniero y explorador americano E. George Squier. Baja después la vía férrea desde *Cru-cero Alto* hasta la estación Juliaca, que queda a 304 kilómetros de Arequipa y a 3,825 m. 24 sobre el nivel del mar y que es la estación de empalme del tramo de ferrocarril de Puno a Cuzco. Los trenes siguen hasta la ciudad de Puno, a orillas del imponente lago Titicaca, llevando los pasajeros que se embarcan en los grandes vapores que cruzan el Lago durante la noche. A llegando a Guaqui (de Bolivia), para seguir a la ciu-



dad de La Paz, como se ve en el mapa del Ferrocarril que se reproduce.

La tercera jornada la hace el ferrocarril, desde Puno—que queda a 350 km. 6 de Arequipa y a 46 km. 6 del empalme en Juliaca—estando a 3,892 m. 19 sobre el nivel del mar. Después de bordar de vuelta, nuevamente, un pequeño trayecto del lago Titicaca y de divisar parte de la industria canoas o botes de totora, llamados *juncos*, se llega otra vez al empalme de Juliaca y sigue bajando después, en poco más de 22 kilómetros, para empezar nuevamente a subir, esta vez por la Cordillera Oriental de Los Andes, hasta 159 km. 4 de Juliaca, en la estación *La Raya* a 4.313 m. 70 sobre el nivel del mar, máxima altura por este camino pero menor que la del Crucero Alto; es también punto de línea divisoria de aguas, pero que van todas ellas al río Amazonas, cruzando la Cordillera las que han caído al oeste. (1)

De La Raya sigue bajando hasta la estación Oropeza, a 312 km. 4 de Juliaca y con 3,090 m. 30 sobre el

---

(1) En Chile llamamos *Cordillera de la Costa*, la cadena de montañas que está a lo largo del país, orillando casi el Océano Pacífico y que es atravesada por nuestros ríos. Y, *Cordillera de los Andes*, la que corre también a lo largo del país, por su límite oriental, que es donde se encuentran nuestros volcanes y nacen nuestros ríos. Ambas se acercan o tienen su nudo de contacto en Angostura, entre Hospital y San Francisco al Sur de Santiago.

En el Perú, a ambas cordilleras se les llama de Los Andes: la que va a orillas de la costa del Pacífico, dándole la configuración al país por ese lado se llama *Cordillera Occidental* y la otra rama que corre más al este, se denomina la *Cordillera Oriental de los Andes*, teniendo ambas un punto de contacto o nudo cerca de la estación "Crucero Alto", y el segundo acercamiento o nudo en las vecindades de "Cerro de Pasco" al noroeste de Lima. La Cordillera Oriental presenta, seguramente, algunas mayores alturas que la Occidental o de la Costa, pero no divide aguas de continentes, porque los Andes Orientales están frecuentemente atravesados por numerosos valles profundos, por donde pasan ríos y torrentes hacia el río Amazonas llevando así, también al Atlántico las aguas que bajan por sus laderas occidentales y que se unen con las que descienden de la Cordillera Occidental hacia el este, para seguir juntas por la *Sierra*, aprisionadas por ambas cordilleras, hasta pasar por esos valles que cruzan la cordillera Oriental de Los Andes y constituir así afluentes de Amazonas.

mar, para volver a subir hasta la estación del Cuzco, que queda a 337 km. 5 de Juliaca, y su estación del Ferrocarril a 3,355 m. 08 sobre el nivel del mar.

### CIUDAD DEL CUZCO

La ciudad del Cuzco está situada al centro de un grupo de valles, que están rodeados de montañas y en el extremo norte, que es la parte más elevada donde se juntan esos valles, formando lo que llaman un bolsón; está en los faldeos del pie de tres colinas altas, separadas por abras bajas donde convergen los ríos Rodadero, Huatanay y Almudena.

La ciudad antigua, *el Cuzco de arriba*, la que se muestra en la fotografía, la parte destinada a la familia real—donde se encontraban los palacios, los templos y conventos y casas de instrucción; todos contruidos de piedras de traquitas de color gris obscuro, que darían un aspecto sombrío a la zona—era la faja que queda delante de la colina de Sacsayhuamán, entre los ríos Huatanay y Rodadero, canalizados con piedra en la parte que atraviesan la ciudad; ahí se encuentran los restos de la mayor parte de la arquitectura incaica, y, siguiendo sus muros o portadas, están delineadas la generalidad de las calles de la ciudad actual. Así, el mayor número de las calles son angostas e irregulares; hay muy pocas avenidas o calles anchas.

Como las construcciones en esta zona del Cuzco de arriba quedaban en pendientes, los arquitectos tuvieron que construir cuidadosos sistemas de terrazas para tener planos horizontales para los edificios. Los muros eran generalmente con sólo el paramento interior inclinado y de albañilería "*ciclópea*", o sea, de piedras grandes, irregulares y de todas las formas imaginables, pero exactamente juntadas unas con otras. Es típica la muralla que sostiene la terraza del templo de Inca-Rocca, en la calle del Triunfo, de bloques

de pórfido augítico, de varias toneladas de peso y unidos con gran precisión. Ahí está la piedra famosa de doce ángulos, entrantes y salientes, cada uno de los cuales coincide con los de las piedras vecinas.

En la parte baja de la ciudad, en el *Cuzco de Abajo*, que estaba separada de la anterior por un camino principal antiguo, vivía el resto de los habitantes, en casas hechas—seguramente como las de la Sierra—de piedra en bruto, adobes y barro con techos de paja.

La tradición dice que el Cuzco antiguo, en la parte incaica, era muy poblado; que la parte principal de la ciudad tendría 200,000 habitantes y otros tantos los suburbios; lo que debe ser exagerado.



Los conquistadores españoles habrían destruido la mayor parte de las construcciones incaicas: para ocupar los sitios en que estaban, para aprovechar—principalmente en los nuevos templos—su abundante material de piedras canteadas y para reemplazar el sencillo estilo incaico por el elegante y vistoso estilo colonial, o por las también monumentales obras de estilos arquitectónicos, de que hicieron lujo en los templos.

Las casas coloniales, que son las que forman la masa principal de la población, estaban bien construídas, son de estilo morisco, con patios rodeados de corredores abiertos, sustentados por elegantes columnas. En las fachadas se ven balcones con celosías y muros de color blanco, coronados con el color rojo o bermejo de las tejas de sus techos, dando así una característica a la ciudad. Los pisos bajos de las mejores casas de las principales, están divididos en pequeños cuartos oscuros, sin ventanas, que se arriendan para tiendas, pequeños talleres y negocios al por menor.

El Cuzco moderno está completamente poblado entre el río Rodadero, o Tullumayo, y el Almudena o Chunchulmayo, y aun al otro lado del Almudena,



donde se encuentra el bonito barrio de Belén, donde está el Asilo de Huérfanos.

El censo levantado en 1912, arrojó para el Cuzco una población de 26,939 habitantes, comprendiendo 6,711 de los distritos rurales de San Sebastián y de San Gerónimo; pero a la fecha debe ser mucho mayor, porque desde la llegada del ferrocarril en 1908 al Cuzco, la población ha ido aumentando bastante de año en año.



Tenemos, en resumen, que en el Cuzco habría los siguientes tipos de construcciones: *preincaicos*, *incaicos*, *coloniales* y *modernos*. De estos últimos, a lo largo de la avenida en formación que conduce a la estación del Ferrocarril del Sur, hacia el sureste de la población, hay una serie de bonitos chalets de tipos completamente modernos.



Al describir el viaje entre Mollendo y Cuzco, quedó establecido que esta ciudad es el término del importante *Ferrocarril del Sur*. Es también la ciudad del Cuzco, punto de arranque de la línea de trocha angosta (de 0 m. 915), que hacia *La Sierra*, por hoyas hidrográficas del Amazonas, hasta Santa Ana, con unos 170 kilómetros de longitud y que hasta la estación de Machupicchu (unos 110 kms.) en las cercanías de las ruinas de este nombre, está concluída; pero que en el resto, sólo las obras de arte y la razante de la línea están terminadas; falta la enrielladura, así es que las han aprovechado para hacer tráfico de camiones por esa sección. La estación de este ferrocarril a Santa Ana, está en la ciudad del Cuzco como un kilómetro al poniente de la estación del otro ferrocarril; pero hay un ramal que le permite llegar a ella para trasbordos de carga.

## ALGUNAS CONSTRUCCIONES COLONIALES

Empezaré por referirme a estas construcciones, porque se encuentran en la misma ciudad del Cuzco.

La plaza mayor del Cuzco, parte principal, estaría situada en el mismo sitio que ocupaba la plaza incaica y conservaría casi su misma forma. A su alrededor se encontraban los principales palacios de los Incas.

En la plaza principal se encuentran actualmente, la Catedral a la izquierda, la iglesia de la Compañía y la Universidad a la derecha.

△ *La Catedral*.—Está situada al costado oriente de la plaza, ocupa el mismo sitio que tenía el palacio del Inca Huira Cocha, sobre una plataforma de dos metros de altura y presenta una elegante fachada de estilo renacimiento español. Tiene tres naves de hermosa arquitectura del orden corintio, adornada con extraordinaria grandeza. La nave central se sostiene por 18 columnas y bóvedas magníficas. La primera piedra para su construcción se colocó el 11 de Marzo de 1560, con una medalla de oro, adornada de muchas alhajas valiosas, según se refiere en el librito del Sr. R. Zárate. Ocupa una extensión de 82 metros de largo por 30 de ancho y 20 de altura. El edificio es de cal y piedra de granito, del llamado ala de mosca, y los cimientos están fundados a 15 metros de profundidad. Dirigió la obra el arquitecto vizcaíno Juan Manuel de Veramendi, en conformidad a sus planos. La construcción de este edificio duró 94 años; pues se habría concluido recién en 1654.

Las dos torres, que coronan los lados del edificio, corresponden a la magnificencia de la obra. En una de sus torres se halla la tradicional campana María Angola, cuyo sonido, dicen, puede oírse a veinte kilómetros en las noches silenciosas y que tiene mucho oro entre los metales de su aleación.

En el interior de la Catedral hay un tesoro en ornamentaciones y objetos de arte.

*La Compañía.*—El templo de la Compañía de Jesús, llamado de los Jesuitas, es un verdadero monumento de arquitectura. Se había empezado a edificar por los Padres de la Compañía, luego después que llegaron al Cuzco a principios de 1570, sobre el cuerpo principal del palacio de Huaina Capac; pero la primera construcción fué destruida por el terremoto de 1650, y fué reedificada luego, después y terminada en 1671. Está construída de piedra blanca, que con el tiempo se ha puesto rosada.

Su cúpula es bastante elevada y muy proporcionada, exteriormente cubierta de lozas de varios colores, formando un vistoso mosaico.

La fachada es hermosísima y esbelta; se levanta a ras del suelo, sin embargo, se ve más imponente y majestuosa que la Catedral, que se encuentra sobre una plataforma alta. Una opinión citada dice: "La pureza del diseño, el vigor del cincelado, el esquisito modo de tratar curvas, volutas, capiteles y arquitrabes, demuestran la mano del maestro ayudado por hábiles obreros". La alta y compleja fachada es un prodigio de plan y ejecución.

La puerta, de dos hojas, es de resistente madera, toda claveteada de adornos de bronce, sobresaliendo los aldabones.

El interior es de una sola nave, luce lindos arcos de piedra, pilares, columnas y bóvedas. Sus ornamentaciones son valiosas y artísticas.

Después de la expulsión de los jesuitas en 1767, no ha habido cofradía que vele por su conservación, así es que se va notando el casi abandono en que ha estado.

*La Universidad.*—El convento contiguo a la Compañía, a la derecha, es lo que ocupa la Universidad del Cuzco; es grande, con una cómoda portería, amplios claustros, corredores, aposentos y oficinas. En este local había colegio y noviciado. Expulsados los jesuitas en 1767, sirvió de cuartel. Después, el Libertador Bolívar, al fundar el Colegio de Ciencias, lo instaló en



lo que había sido el convento, y trasladó también a ese local la Universidad, que entonces funcionaba en el Seminario. Desde 1866 ocupa la Universidad el local en que se encuentra ahora.

Al lado de la Universidad está el *Museo*, que fué la Biblioteca de los Jesuitas, de la cual quedan algunas obras en latín o griego. En el Museo hay objetos del arte incaico y tejidos valiosos. Hay también cráneos trepanados de la época incaica.

*Convento de Santo Domingo.*—Es el convento y templo de los Padres Dominicanos; está en el límite sur de la ciudad. Fué el antiguo templo del Sol, o Coricancha, que fué demolido en parte, a poco de llegar los españoles, para construir sobre lo restante el convento actual de Santo Domingo. Quedan, así, restos incaicos valiosos en la parte baja que ha venido a servir de zócalo o fundamento a la iglesia de estilo colonial, que edificaron encima los españoles.

El ábside del Templo o parte que corresponde al coro, semeja un torreón en forma de semicírculo, que según el ingeniero Squier, citado antes: "Los lados de contacto de cada piedra forman verdaderos radios de un círculo doble y la línea de inclinación es perfecta en cada piedra". Esta son de basalto, roca volcánica de color gris obscuro, casi negro.

Entrando por la primera puerta del convento, y a la izquierda, hay una puerta que llama la atención. Al interior está la actual sala de recibo, en cuyos muros quedan restos de paredes de las capillas de los Incas.

La Sacristía está formada de muros incaicos de piedra, que presentan nichos de sección trapezoidal en toda su extensión, para romper la monotonía del muro o para colocar ídolos; son de la más correcta construcción. Saliendo del claustro, a la derecha, hay otra hermosa muralla incaica de casi dos metros, muy bien cuidada.

El templo actual, si que no ha sido afortunado con las modernizaciones que ha recibido en su interior, que

presenta altares de yeso y estuco, que disuenan con el estilo colonial anterior.

*La Merced.*—La iglesia y convento de los Padres Mercedarios fueron fundados a principios de 1536. El terremoto del 31 de Marzo de 1650 destruyó bastante el templo y el convento: pero, fueron reedificados por los mismos planos, bajo la dirección del Padre mercedario Fray Antonio Blanco.

Se entra en el *convento* por una puerta de rejas de fierro y al llegar a los amplios patios, especialmente en el primero, se admiran las valiosísimas galerías o corredores de ambos pisos, todo construido de piedra blanca, primorosamente cinceladas, como anota el explorador Squier, tanto las pilastras y columnas, como las arquerías y muros. Las columnas de piedra de orden corintio; están minuciosamente talladas, sus superficies presentan bordados como en encaje, constituyendo esa maravilla arquitectónica de una pureza y corrección ejemplar.

Los artesonados de los cielos rasos son de madera, de estilo colonial y los techos cubiertos con tejas corrientes.

En los muros, por todas partes, se muestran antiguas telas, algunas de numerosísimas figuras, algunas de ellas primorosamente pintadas, no así las restantes; lo que hace suponer que esos grandes cuadros eran pintados por varios artistas, maestros y discípulos.

*La Iglesia* es grande, de tres naves, tiene algunos altares dorados en su primitiva ornamentación y otros restaurados. La torre es admirable por sus proporciones y buen gusto.

## FORTALEZAS Y OTRAS RUINAS INCAICAS

Para terminar la descripción de algunas de las hermosas e imponentes obras de ingeniería del Cuzco en el Perú, voy a referirme a algunas de las Fortalezas,

Ciudades de Piedra o Ruinas Incaicas, como se llaman a estos restos interesantes de una gran civilización antigua.

*Fortaleza de Sacsahuamán.*—La colina de Sacsahuamán, de poco más de 230 metros de elevación—situada en el centro de las tres colinas, que limitan por el norte la ciudad del Cuzco, y la más importante—se ve de todas partes y presenta por los flancos del lado sur, que dan a la ciudad, declives escarpados difíciles de subir.

En esta colina construyeron los Incas imponentes obras de defensa, principalmente la llamada "Fortaleza de Sacsahuamán", que se encuentra cerca de la cima y a la cual se puede llegar por el camino de automóviles que sale de la esquina norte de la plaza hacia el barrio de San Cristóbal, pasando por el colegio de Salesianos y desarrollándose en la subida por los costados del lado izquierdo, el de menos pendiente de la colina, hasta llegar a la iglesia y plaza o terraza de San Cristóbal, que domina la ciudad y donde queda aun una hermosa muralla de piedra de un palacio incaico, con nichos para adorno o para el suplicio de los emparedados. Subiendo un poco más se llega a una (placie hoy cancha de foot-ball), donde se encuentra edificada la gigantesca fortaleza ciclópea a que nos referimos formada de muros de gran solidez con bloques de piedra calcárea azul, según el ingeniero americano Squier.

La parte principal de la fortaleza, que se ha estimado sería de toda eficiencia como defensa para su época—anterior al año 1400—está formada por tres muros casi paralelos, con ángulos entrantes y salientes en zig-zag, como dientes de serrucho y en niveles ascendentes en la falda de la colina, frente a la loma de piedra pulida que se llama el *Rodadero*.

Los muros de la Fortaleza de Sacsahuamán, tiene una extensión total de cerca de 550 metros. El primer muro, el exterior, tiene una altura media actual de



8 metros. El segundo está diez metros más atrás y tiene 5 m. 5 de altura. Y el tercero, cinco metros más atrás del segundo, y conserva unos 4 metros de mayor elevación. La altura total de la construcción es poco más de 17 metros y la muralla exterior era la más sólida. La cara exterior de las piedras es convexa y en la juntura están biseladas.

Por el número y las dimensiones de las piedras—una de las cuales mide 8 m, 23 de alto por 4 m. 27 de ancho y 3 m. 66 de espesor—de esa sola sección, de las varias que hay en la colina, se deduce el esfuerzo enorme, material y técnico, que ha exigido: su arranque, su ingeniosa y perfecta labranza, su transporte a la ras-tra a distancias grandes, cuando no había otras máquinas de acarreo que el *indio*, la *llama*, y el *junco* y la complicada colocación, en épocas y regiones sin comercio de las máquinas y herramientas rudimentarias de lo que se conocía en otros continentes de más antigua civilización. Eso revela que el arte y la ciencia de la ingeniería estaban muy avanzados en la época de los Incas del Perú y muestra, además, la habilidad de una raza que proporcionaba la cantidad enorme de obreros capaces de interpretar y realizar las indicaciones de planos, diseños y plantillas que darían los ingenieros para el conjunto y detalle de esas obras tan inmensas. (1)

---

(1) Al respecto, el escritor peruano, Mateo Paz Soldán, dice:

“Los sólidos edificios de piedra, ajustada de un modo maravilloso; el estupendo tamaño de las piedras; la distancia de donde se trajeron y la altura en que se hallan colocadas, prueban de cuánto es capaz el hombre con la constancia y el número”.

El explorador Squier anota:

“Las junturas son de una precisión desconocida en nuestra arquitectura y no igualadas en los monumentos de arte antiguo en Europa. La afirmación de los antiguos cronistas, sobre que la exactitud con que estaban ensambladas las piedras de algunos edificios era tal que era imposible introducir entre ellas la más delgada hoja de cuchillo y el alfiler más fino, puede admitirse como estrictamente verdadera. En materia de labrado y juntura de las piedras, nada hay en el mundo que pueda superar la maestría y precisión que ostentan los muros incalcos del Cuzco”.

Cada muralla soporta una terraza o plataforma, formada por un relleno compuesto de grandes piedras brutas y el ripio o cascajo proveniente del labrado de las piedras (como se ve en las excavaciones hechas por los buscadores de tesoros), con lo que disminuían considerablemente el empuje de las tierras; más arriba sigue relleno de arena y después, hasta la superficie, de tierra vegetal arable. Todo arreglado y dispuesto, también para que favorezca la permeabilidad, la filtración y el drenaje.

*El Rodadero.*—Al frente de la fortaleza, a poco más de 90 metros, se encuentra una eminencia considerable de roca anfibólica, dice Squier, en forma de loma, llamada el *Rodadero* o la *Piedra Lisa*, cuidadosamente labrada y pulida en su superficie, como un mármol, de sus 600 metros y en su parte más alta unos 24 metros, figurando en el frente principal, escalones labrados en la roca, formando asientos y atrás una especie de respaldo circular, cuyo contorno, casi perfecto y de curvaturas análogas, se continúa más atrás en la loma y a los lados con las superficies uniformemente pulidas. A esto lo llaman el *trono del Inca*, desde donde se supone presenciaba con su Corte las fiestas que se daban en la explanada del frente o para presenciar el avance de las obras de la fortaleza, que demoraría muchos años. El resto de las inflexiones de la citada loma, sigue presentando moldurajes, acanalados o estriados, de curvas matemáticas y simétricas en sentido longitudinal y transversal, como muestra la figura 17, con salientes y

---

Y según una nota del traductor del libro de Squier, de don Federico Ponce de León, Mr. Bingham, el explorador americano que descubrió las ruinas de Machupicchu, "compara la exactitud matemática de esas juntas con la adherencia del tapón de vidrio de un frasco de perfume".

No había cementos ni adhesivos especiales para pegar las piedras y asegurar su estabilidad; únicamente, la exactitud con que juntaban los bloques que, en general, no se han desplazado con los tantos terremotos que los han sacudido.

entrantes, figurando en partes montañas rusas o rodaderos de juegos infantiles.

Todas esas rocas han sido indudablemente talladas por los numerosos y diestros obreros, bajo la dirección de sus ingenieros, quizá para evitar los ocios cuando faltaba material para seguir las obras de la fortaleza o como una ostentación de obras tan considerables.

Sin embargo, algunos opinan que eso sería una *formación natural*, como lo dice el mismo ingeniero Squier, anotando en esa parte que la roca del Rodadero es traquítica y agregando: "Su superficie convexa es acanalada o estriada, como si la roca hubiese sido expulsada en su estado pastoso a través de una grieta irregular del terreno y se hubiera endurecido después con una superficie lisa y vítrea. Una porción de barro empuñada en la mano produciría, al escurrirse entre los dedos, algo de forma semejante en miniatura". Esta opinión, en vista de la loma citada y del raciocinio consiguiente, no puede tomarse en cuenta.

El escritor peruano Cosío, refiriéndose al mismo Rodadero, dice: "Más arriba de las rocas talladas que llaman el trono del Inca, se hallan otras de origen volcánico, sobre las cuales *parece que hubiesen trabajado* los glaciares puliéndolas en forma acanalada". Para no aceptar tampoco esta hipótesis, tenemos que repetir: que basta examinar la configuración y simetría de las superficies pulidas, principalmente la parte de forma circular que sigue atrás de lo que llaman trono del Inca, y de los ángulos entrantes que se muestran en lo que sigue de la loma, que queda aislada y que en la dirección de las estrías no se ve nada que pueda haber guiado o encajonado el glaciar en ese sentido, para no aceptar la suposición.

Estimo, pues, que esa gran obra del Rodadero no es natural, en la configuración, simetría y pulimiento que tiene; sino obra de la técnica y del esfuerzo de la raza incaica.



En las vecindades del Rodadero, más al oriente, sigue una serie de picos de rocas y de configuraciones especiales, labradas en parte. Sobre ellas dice el ingeniero Squier. "Una parte de un acantilado de piedra calcárea, no lejos del Rodadero, se llama la Chingana o Laberinto, bien merece su nombre. Es una fisura natural en su origen. Esta fisura ha sido modificada por la mano del hombre, que abrió nuevos pasajes a manera de corredores, pequeñas habitaciones, nichos, asientos, etc. formando un verdadero *laberinto*. Las ramificaciones interiores no han podido seguirse después porque fué tapada la entrada para evitar desgracias".

A este respecto—y refiriéndose en general al Rodadero y a otras obras de los Incas—el traductor de la obra. "En el país de los Incas. Exploraciones, etc.". por el ingeniero americano E. George Squier, don Federico Ponce de León, que tuvo la amabilidad de obsequiarme ese libro, y con quien tuve el agrado de conversar ligeramente a fines de Agosto del año pasado, en Cuzco, sobre las obras incaicas a que acabo de referirme, y de estar de acuerdo en muchas materias, dice en una Nota de Traductor, lo siguiente: "Los amantes de lo prodigioso creen que el cerro mismo es artificial:

Según ellos, "los antiguos" no solo amasaban las rocas, sino las montañas".

Los mitos telúricos y geológicos han sido poéticamente explotados por Luis E. Valcárcel (actual Director del Museo Incaico de Lima) en sus áticas leyendas "Los Hombres de Piedra", del libro "De la Vida Incaica".....

*Andenes para la agricultura.*—En tiempo de los Incas, y quizá desde la época anterior, construyeron en el Perú andenes en gradería en todas las laderas y colinas aprovechables, y recogieron las tierras próximas para terraplenar las angostas plataformas, para que ni un palmo de terreno quedase perdido. A esto los

obligó, indudablemente, la mucha población y la escasez de valles, por las muchas cordilleras y serranía que hay en el territorio del Perú. Aun en los valles importantes, como los de Arequipa y otros de distintas regiones, cuando los suelos han sido algo inclinados han formado los andenes que dejan los terrenos horizontales para el mejor aprovechamiento de las aguas, que también son escasas para el regadío.

Los muros de las terrazas son de piedras en bruto, bien unidas, ligeramente inclinados los muros hacia atrás y de alturas de 1 metro a 4 metros.

El agua era conducida por acequias o acueductos artificiales, que arrancaban de alguna quebrada estrecha al pie mismo de la nieve y desarrollándose por las laderas de las montañas, llegaba a los andenes, pasando de una terraza a otra por sendas en zig-zag o saltos de piedra y distribuyéndose cuidadosamente en todas ellas. Muchas de estas terrazas han sido abandonadas, pero algunas se conservan.

*Ruinas de Pisac.*—Pisac fué una población importante de los Incas en las vecindades del Cuzco. Las ruinas se encuentran en una colina alta y de laderas empinadas. En ellas está el famoso *Intihuatana*, que querría decir *parte donde se amarra el Sol*, pues se trata de una especie de reloj solar; por eso la construcción donde se halla en las ruinas de Machupicchu, la llaman observatorio astronómico.

En estos relojes solares, que eran comunes en el Perú, la piedra o pilar central es de sección trapezoidal, que disminuye hacia el extremo superior; está ligeramente inclinada y orientada como corresponde, y la gran piedra de base tiene tallada otra serie de escalones que permitían completar las observaciones que hacían, como se ve en la fotografía.

Según algunos autores, se observaban las sombras que proyectaban esos pilares de piedra y podía determinarse los períodos de los solsticios y la duración del

año solar. Los cronistas, dice el ingeniero Squier, se refieren a que los empleaban "*para determinar los equinoccios*", observando día a día la sombra que la columna hacía en las épocas correspondientes, y cuando la sombra que proyectaba el pilar desde que salía el sol hasta que se ponía, correspondía a la raya o canto tallado de oriente a poniente, decían que aquel día era el equinoccial, y entonces, en el momento del medio día, esa columna o pilar central era bañado de luz en todo el derredor, sin hacer sombra en parte alguna. (1)

En toda la colina de Pisac hay muchos restos de casas y andenes para agricultura, dando frente a tres quebradas, lo que hace suponer que fué también fortaleza. Las piedras eran rectangulares y talladas.

---

(1) Es indudable que, desde la más remota antigüedad, la sombra que arrojaban los cuerpos bañados por la luz del sol, ha tenido que servir para la determinación aproximada de la hora, tal como la gente del campo precisa—en estos tiempos y por medios análogos—las horas del día. Avanzando los tiempos y en distintas naciones, del estudio de las fases del movimiento de la sombra de un mismo objeto debieron nacer los primeros relojes de sol o cuadrantes solares pero trazados por tanteos y siempre para conocer la hora sólo aproximadamente,

Continuando las mejoras, el objeto que daba la sombra llegó a ser un pilar o estilete colocado sobre una superficie horizontal o vertical, convenientemente dispuesta, naciendo la *Gnomónica* o ciencia que enseña a construir estos relojes solares, resultando así poco a poco este primer instrumento astronómico, que figura desde las antiguas anotaciones de los chinos, en las sagradas Escrituras, en Egipto, de donde habría pasado a Lacedemonia en el siglo VI antes de la era cristiana, y en Roma se habría conocido a principios del siglo IV antes de esa era. En todo caso, antes del reloj mecánico, que parece data 250 años antes de Jesucristo, que se cita un reloj de agua mecánica, mientras que los relojes de ruedas dentadas parece se conocieron recién por el año 490 de la era cristiana.

En la Edad Media eran sumamente conocidos los relojes de sol, y se colocaban en las paredes de los edificios públicos.

Estos cuadrantes solares o gnómones, llegaron a ser bastante precisos, y más que para la división del tiempo, sirvieron para la determinación del azimut y de la altura del sol, observando la dirección y longitud de la sombra proyectada por el estilo sobre el círculo correspondiente; así como para determinar la latitud, los equinoccios y los solsticios.

Lógico es que la avanzada civilización de la raza incaica habíase inventado a su vez estos cuadrantes solares y los tuviese repartidos en sus for-



*Ruinas de Ollantaitambo.*—Esa fortaleza en ruinas está ubicada en faldeos de una gran montaña nevada que se prolonga entre valles. Se llega a ellas desde el Cuzco por el ferrocarril a Santa Ana.

Las murallas de la fortaleza suben en zig-zag por los flancos de la montaña y llegan hasta un precipicio de más de 300 metros. Las murallas son de unos 8 metros de altura; están construídas con piedras en bruto y embarradas por ambos lados. Dentro de las murallas hay un conjunto de edificios y paredes en cierta confusión.

Hay bloques porfídicos perfectamente juntados, otros están solitarios. Las piedras son de pórfido rojo, duro, traídas de canteras que distan más de dos leguas y están a unos 600 metros sobre el valle y en la orilla opuesta a la fortaleza.

El grupo de piedras que se encuentra luego que se sube por las calles del antiguo pueblo son seis, lajas verticales de pórfido ligeramente inclinadas hacia adentro y que sostienen una terraza. Como están un poco separadas unas de otras, los espacios de las juntas están cubiertos por listones delgados de piedra. La piedra N. 4 muestra vestigios tallados de la misma ornamentación de los bloques de Tiahuanaco (en Bolivia).

*Machupicchu.*—Esta ciudad histórica fué descubierta en 1911 por el arqueólogo e historiador americano, doctor Hiram Bingham, jefe de la Comisión Científica de la Universidad de Yale. Se encuentra a mil metros de altura y sobre la margen izquierda del río Vilcanota, que hay que pasarlo sobre un puente para

---

talezas y ciudades y que le sirvieran para la determinación de los equinoccios y solsticios—de ahí el nombre de *intihuatana* o punto donde se tiene amarrado el sol como un globo cautivo—con lo cual precisaban las estaciones de las siembras, de las cosechas y las épocas de sus grandes fiestas, dice el explorador Squier.

ascender, por un difícil sendero, las laderas empinadas de uno de los cerros en que se encuentran esas ruinas. La ascensión es penosa, puede hacerse en poco menos de una hora, estando en muy buenas condiciones.

Los restos de casas y construcciones incaicas que hay en ambas faldas de los altísimos cerros, estaban completamente cubiertas de la frondosa vegetación de la Sierra, que empieza por el ferrocarril a Santa Ana, poco después de la estación de Ollantaitambo. Quemados los árboles y arbustos que cubrían esas ruinas, empiezan nuevamente a cubrirla.

Hay construcciones valiosas con bloques enormes de piedras canteadas, algunas bastante hundidas y derribándose la construcción, por los trabajos de excavaciones que hizo la Comisión de Yale, otros arqueólogos y numerosos aficionados, buscando huacas y entierros de tesoros para los museos.

Entre lo más notable, puede verse la gradería central, el templo, el torreón, la sala de las tres ventanas y el observatorio astronómico con su columna central.

Estas construcciones, que significan un esfuerzo y una habilidad no inferior a la demostrada en otras fortalezas, no se sabe por quién fué construída, ni la época aproximada de su edificación; se supone que es de unos mil años antes de la época incaica. Las piedras de las construcciones son del mismo granito blanco de los cerros andinos en que se encuentran.



Sirva lo anterior de homenaje al Perú, que ostenta orgulloso tantas obras importantes y que celebra en estos momentos el 4º. centenario de la fundación de la ciudad del Cuzco por los españoles, y a la vez a la "Sociedad Geográfica de Lima", que me hizo el alto honor de designarme socio correspondiente con motivo del

citado viaje, en el que fuimos tan bondadosamente atendidos en todas partes.

Santiago de Chile, 24 de Mayo de 1934.

EMILIANO LÓPFZ SAÁ.







CAMARADERÍA DE CATEDRÁTICOS Y ALUMNOS.  
VISTA DE CONJUNTO DEL AGASAJO QUE OFRECIERON LOS CATEDRÁTICOS A LOS ESTUDIANTES.



# Aspecto Literario de la Ideografía Quechua

POR REBECA FERNÁNDEZ BACA DE MERELL

## CONTENIDO:

- 1.—Existen documentos para el estudio de la Literatura Quechua?
  - a) *Petrografías*: gráficas, ideográficas, simbólicas.
  - b) *Geroglíficos*.
  - c) *Pictografías*: ornamentales, ideogramas, cerámicos *Pictografías* de tejidos.
  - d) *Quipus*: ideográficos, fonéticos.
  - e) *Tradiciones*.
- 2.—La literatura quechua es esencialmente lírica.
- 3.—La poesía dramática i el "Ollantay".
- 4.—Argumento del drama i su descripción por escenas.
- 5.—Comentario e interpretación personal de su contenido.
- 6.—Antigüedad del drama i su importancia histórica.
- 7.—Paternidad.
- 8.—Otros dramas. Conclusión.

---

## Existen documentos para el estudio de la Literatura Quechua?

Con la marcha evolutiva de los pueblos al través de su historia, que implica también evolución en el aumento constante i perfeccionamiento progresivo del medio de trasmisión del pensamiento, el lenguaje, no satisfecho el individuo con que desaparezcan los acontecimientos de su vida, una vez realizados, así como los de los suyos i de multitud de fenómenos que quisiera tenerlos siempre presentes, ha buscado, sea cual fuere el lugar i el tiempo, medios para volver a recordarlos o si es posible perpetuizarlos para conocimiento de las generaciones venideras.

Tal finalidad, el anhelo de la supervivencia del individuo nos descubre la Arqueología en los petroglifos, jeroglifos i pictografías sucesiva o simultáneamente expresadas, la Historia en el estudio fonético, sea alfabético o silábico del lenguaje escrito llegado hasta nosotros en obras aun de idiomas desaparecidos, o en lenguaje corriente de pueblos actuales que aun no han tenido la suerte de cristalizar por tal medio la riqueza, complejidad o sencillez del caudal de palabras acumuladas en el correr de su existencia, i como fruto del grado de la actividad intelectual de sus componentes.

Veamos, pues, si los regnícolas del Tahuantinsuyo han tratado de graficar por algún o algunos de los medios indicados, acontecimientos de su vida o estados psíquicos individuales, i por los cuales podamos llegar al grado de evolución espiritual alcanzado por los mismos.

## I

### Petrografías

Las petrografías, o "inscripciones lapidarias", como las denomina Wiesse, diseminadas por la América del Sur, es claro que no debían faltar en el Tahuantinsuyo, como huellas de remotas emigraciones. Ellas son representaciones mnemónicas de animales, plantas, diversos objetos i marcado antropomorfismo, toscamente labrados o tallados en piedras sueltas o rocas de caras más o menos planas que invitaban a tales manifestaciones de la actividad humana cuando ésta se hallaba en cierto grado de evolución mental.

Debidamente detalladas en sus caracteres i ubicación se hallan descritas las petrografías en los "Petroglifos de la Convención", por el Dr. Luis E. Valcárcel, estudio presentado al Tercer Congreso Panamericano de Lima, obra en la que hace mención de los petroglifos existentes en Chirumbia, Lares, Occobamba, Pau-



cartambo, &. El estudio de los "Petroglifos de Checta" por Atilio Sivirichi, podemos decir que completa al anterior, por que entonces hallamos en estos dos trabajos las tres características diferenciales de sucesión que se nota en las petrografías. Así sabemos de la existencia de las siguientes clases que se hallan diseminadas en los lugares citados.

1) Las *petrografías gráficas*, grabados pétreos representando objetos de la naturaleza, que son simbolizaciones mnemónicas, sin equivalencia alguna fonética, pero que son dignas de estudio como fruto de las primeras manifestaciones lingüísticas de sus autores;

2) Las *petrografías ideográficas* o iconografías, que suelen ser representaciones parciales de objetos sin correlación argumental, o reproducciones de figuras de animales, plantas u objetos de la naturaleza;

3) Las *petrografías simbólicas* son representaciones de conjuntos escenográficos con tendencia a un marcado antropomorfismo, i cuya finalidad parece orientada a la perpetuación de acciones guerreras. Una de estas que llama mucho la atención de cuantos turistas en peregrinación a Machupiccho pasan por la quebrada de Ollantaitambo, es la llamada *Inca-Pinta*, que es una figura de indio, inca o guerrero que se halla situada a un centenar de metros de altura sobre el plano de roca inaccesible, en líneas de una coloración rojiza, figura clara i hasta nítida en concepto de los naturales i de algunos estudiosos, que se divisa aun desde los vagones del tren que pasa por la citada quebrada. Más como quiera que la imaginación popular suele hallar figuras con tales o cuales caracteres en los accidentes naturales que de ordinario suelen presentarse, sobre todo dada la distancia a que se encuentran, no sería demás pensar que al famoso "Inca Pinta" en vez de ser una representación hecha por los antiguos nativos, sea uno de aquellos accidentes en que por las diferentes materias componentes de la roca i gracias a las venas rojizas de la misma, representa

una figura que semeja un personaje, como si fuera obra humana, tal como suele ocurrir con las manchas que se forman en los cielos—razos de las habitaciones a consecuencia de las goteras provenientes de las lluvias.

Tal suposición me trae a la mente el caso de una "Virgen" que los naturales creen encontrar en una roca existente en la orilla del río Apurímac, a unos centenares de metros de distancia del camino que corre de Acha hacia otro pueblo, en la provincia de Paruro. Bien examinada la tal figura, por hallarse en las mismas circunstancias que "Inca Pinta, no puede ser otra cosa que un accidente natural de la misma roca, teniendo en cuenta que nadie tenía antiguamente idea de la "Virgen", que es una concepción cristiana introducida al país por los conquistadores.

Si por el momento hallamos trabajos esparcidos sobre los diferentes tipos de petrografías halladas en diferentes regiones del país, es de esperar que bien pronto podrá formarse una colección completa de la mismas, debidamente fotografiadas para hacer el respectivo estudio comparativo, i de ello sacar las conclusiones consiguientes i, quien sabe hasta poder descifrarlas, aun cuando surgirá siempre la dificultad de poder determinar la época a que pertenezcan, i por ello el valor relativo que pueda tener como contribución para el estudio de la literatura incaica.

## II

### Jeroglíficos

Al igual que las petrografías, existen en el Perú multitud de JERÓGLIFICOS cuyas ubicaciones me abstengo de precisar por creerlas impropias al presente trabajo.

En opinión de eminentes hombres de ciencia, es indudable que ha existido, desde épocas anteriores a la

incaica, la escritura jeroglífica en toda la América del Sur, cuya descifración hai que presumir no se dejará esperar mucho tiempo, i mucho más aun una vez que se acumulen los estudios actuales sobre el particular que de manera aislada se vienen llevando a cabo en casi todos los países Sudamericanos, como aportación de datos de carácter general para la Arqueología Americana. Además, precisa insistir que el uso de los jeroglíficos estuvo en boga, a la llegada de los españoles, entre los indígenas del Tahuantinsuyo, basado en las siguientes referencias:

a) Santa Cruz Pachacutec cuenta que "el dicho inga Tupac Yupanqui despacha a Caco Ccapac por Visitador General de tierras i pastos, dándole su comisión en *rayas de palo pintado*".

b) Cabello de Balboa afirma que el "inga tomó un largo palo como crucero i lo marcó en rayas de diversos colores para que se viniera así en conocimiento de su última voluntad, confiándole en seguida al Quipucamayoc".

c) Del P. Acosta, que narra de la confesión escritas *ideográficamente*, que un indio hizo de sus pecados.

d) Por último con respecto a la desaparición de esta escritura, Montesinos relata que "este rey—Tupac Cauri—mandó por ley— a causa de la pestilencia que desarrollaba en las cercanías de Tampottoco—que so pena la vida, ninguno tratase de quelccas, que eran pergaminos i ciertas hojas de árboles que escribían, ni usasen de ninguna manera de letras".

A más de los materiales citados, parece también que los indígenas del país, hicieron uso de los jeroglíficos sea consciente o inconscientemente, en los tejidos. En el Museo de la Universidad del Cuzco en un UNCU halló el Dr. Luis E. Valcarcel glifos de escritura, opinión corroborada por el uso repetido de las mismas figuras modificadas sólo en colores. El conjunto de la ornamentación constituye una faja del uncu.



Por lo expuesto, a más de los quipus, como oportunamente hablaremos, durante el Incanato i aun en los primeros años del coloniaje, la escritura jeroglífica en su aspecto ikonomático—fonético verbal explicatoria—la usaban, por lo menos, algunos indígenas. Con respecto a que si alguna de las escrituras jeroglíficas encontradas encierran sólo una fonética verbal, o hasta una silábica o alfabética, será todavía motivo de profundas investigaciones, sin que en cambio pueda concretarse tal vez la época a que pertenecen con relación al periodo de la dominación incaica. Podrá decirse que el incanato utilizó de esta escritura. I en caso afirmativo, si los "Amautas" imprimiéronle o no marcha progresiva hasta convertir los jeroglíficos ideográficos o simbólicos i aun ikonomáticos en silábicos o alfabéticos?

En el Museo particular que posee el Señor Jenaro Fernández Baca, he podido constatar el dibujo que va a continuación, hallado en un fragmento de cerámica que su propietario i yo conceptuamos no ser otra que jeroglifos, por lo mismo que en él se ven líneas i puntos de diferentes tamaños i grosor, desgraciadamente incompleto.

Del dibujo que antecede, espero que mis dignos maestros sean de la misma opinión que los citados, porque así habremos contribuído a aseverar que los jeroglíficos no sólo han existido en piedras i tejidos, sino también en objetos de la cerámica, no mencionados hasta la fecha por autor alguno.

### III

## Pictografías

Como una de las manifestaciones artísticas del más alto grado del desarrollo alcanzado por el incanato, tenemos que hacer mención de las pictografías halladas en telas, objetos de cerámica i tallados en vasos

de madera—"qqueros"—las que revelan continuidad de ideas en sus múltiples i complejas ideografías como manifestaciones numéricas, ya gráficas i simbólicas.

Las encontradas en el país, podemos clasificarlas en los siguientes grupos:

a) *Pictografías ornamentales*.—Estas son de carácter escenográfico desde el punto de vista general, cuyos representativos son los lienzos murales de pinturas indelebles, representan hechos i costumbres, que se encuentran en las ruinas de Chanchán, en Nazca i en la puerta del Sol, en Tiahuanaco.

b) Las pictografías de la alfarería o *ideogramas cerámicos* han sido concebidos por sus autores simplemente como caracteres decorativos, con una marcada tendencia a representaciones mítico-simbólicas.

Como representaciones mítico-simbólicas campean las ornamentaciones cerámicas de los chimús, nazcas i tiahuanacuenses, en unos objetos con representaciones netamente simbólicas, en otros, exclusivamente míticas, i en otros finalmente, con la complejidad de ambos caracteres.

Con referencia a la cerámica Nazca, no podemos resistirnos al deseo de transcribir los siguientes párrafos de "Historia Peruana" de A. Sivirichi: "En ella se sorprende, desde las manifestaciones fetichistas, hasta la representación totemista simple. Posteriormente, el proceso religioso genera la simbolización mítica que llega a plasmar grupos de ideogramas convencionales, sintetizando procesos evolutivos sociológicos i de creencias. Ya hemos dicho que en la cerámica Nazca se ha dado preferencia al decorado i a la ornamentación. La cerámica Nazca es el triunfo del colorido, aunado a un sentido geométrico, en todo momento simbolista. El fetichismo primitivo i el totemismo cultural, cuando llegan al período de las organizaciones a base agraria i colectiva, dan paso a las representaciones fitomorfas, con representación de la fauna local, i más después cuando la cultura Nazca, evoluciona perfectiblemente,

entonces hai preferencia por las manifestaciones antropomorfas, no simples, sino esencialmente simbólicas". No se puede hacer por ello una decifraci3n integral de los ideogramas nazcas; el fetiche se confunde con el totem, i 3ste forma parte integral de la divinidad antropomorfa, todo esfuerzo por explicar estos conjuntos ideogr3ficos equivale a una amputaci3n, que s3lo podr3 tener por resultado una explicaci3n parcial..... "En cuanto al colorido, a merced de los fin3simos materiales empleados, el artifice Nazquense ha logrado dar un lustre i un colorido admirable a sus piezas cer3micas. Todos los colores los utilizan convenientemente i de manera indeleble; por esto que la cer3mica Nazca parece obra contempor3nea. Igualmente transcribimos a continuaci3n los siguientes p3rrafos de la misma obra, relativa a la cer3mica chimú (pg. 154). Si se estudia el proceso religioso i su evoluci3n se encontrar3n, al decir de Cornejo, los siguientes grados: *primero*, la veneraci3n del tronco animal, impersonal, sin ascendiente humano colectivo; *mito*; *segundo*.—El culto a los recuerdos de los antepasados; *totemismo* que en grado superlativo, genera en el *manismo*, o sea la conversi3n de los antepasados en seres protectores; i, *tercero*.—La concepci3n moral del bien, ideol3gica del ser: *antropog3nia*. De aqu3 se deduce, que las manifestaciones cer3micas que acusan, totemismo, significan para el criterio arqueol3gico, organizaci3n cultural, con plasmaci3n del concepto familiar, es decir, evoluci3n sociol3gica avanzada"..... "I si analizamos aun m3s, el simbolismo de la cer3mica Chimú, encontraremos hasta manifestaciones de *fetichismo* que antecedieron al culto tot3mico, principalmente en los huacos, que ostentan aisladas representaciones zoom3rficas i fitom3rficas, sin correlaci3n argumental. Posteriormente, la cer3mica se presenta con grupos escult3ricos, denotando atributos divinos i simbolizaciones ideogr3ficas de gran trascendencia".



Finalmente, la ornamentación de la cerámica cuzqueña, acumulada en objetos íntegros en el Museo de la Universidad del Cuzco, i en fragmentos, que encierran un caudal único, acumulados en el Museo Particular del Señor Jenaro Fernández Baca i trasuntados por éste en un "ALBUM DE MOTIVOS DE ORNAMENTACION DE LA CERAMICA INCAICA",

La cerámica Cuzqueña presenta motivos geométricos, fitomorfos, zoomorfos, antropomorfos i "naturamortis".

En el orden *geométrico*, se suceden las combinaciones de puntos i manchas distribuídas en una o varias coloraciones, ya al azar, ya en disposición simétrica, o ya sobre fajas de coloraciones que armonizan con el conjunto del objeto; i de las de líneas onduladas i quebradas, paralelas o cruzadas que culminan en meandros dentilados, grecas, etc., i en combinaciones de los mismos entre si o con los anteriores, de una belleza fascinante por la feliz armonía del empleo de colores suaves, jamás chillones, desde el blanco marfil, el amarillo ligero, el anaranjado el ocre i el café, todos ellos en sus variados tonos, hasta el negro que rara vez se halla ausente en la motivación del ornamento concebido.

En el orden *fitomorfo*, se nota la variedad de hojas flores, frutos, i plantas, entre las que sobresalen el "Ñucchu" simbólico i la no menos cantuta o "Ccantoc", i el maíz en sus diversos estados de crecimiento.

En el *zoomorfo*, se multiplican los insectos, desde las sencillas hormigas, moscas, abejas, avispa, hasta las más bellas mariposas de formas i coloraciones de una belleza extraordinaria, igualmente abundan las llamas, vicuñas, venados, pumas, monos i demás cuai drúpedos que no son desconocidos, de los cuales ha uno que lleva dos jibas, en actitud de marcha. Multitud de aves en actitudes de vuelo, nado o marcha, entre las que se reconocen a simple vista la del pato, la garza, la perdiz, ("yuttu"), el picaflor, ("qquente"), el

entonces hai preferencia por las manifestaciones antropomorfas, no simples, sino esencialmente simbólicas". No se puede hacer por ello una decifraci3n integral de los ideogramas nazcas; el fetiche se confunde con el totem, i 3ste forma parte integral de la divinidad antropomorfa, todo esfuerzo por explicar estos conjuntos ideogr3ficos equivale a una amputaci3n, que s3lo podr3 tener por resultado una explicaci3n parcial..... "En cuanto al colorido, a merced de los fin3simos materiales empleados, el art3fice Nazquense ha logrado dar un lustre i un colorido admirable a sus piezas cer3micas. Todos los colores los utilizan convenientemente i de manera indeleble; por esto que la cer3mica Nazca parece obra contempor3nea. Igualmente transcribimos a continuaci3n los siguientes p3rrafos de la misma obra, relativa a la cer3mica chim3 (pg. 154). Si se estudia el proceso religioso i su evoluci3n se encontrar3n, al decir de Cornejo, los siguientes grados: *primero*, la veneraci3n del tronco animal, impersonal, sin ascendiente humano colectivo; *mito*; *segundo*.—El culto a los recuerdos de los antepasados; *totemismo* que en grado superlativo, genera en el *manismo*, o sea la conversi3n de los antepasados en seres protectores; i, *tercero*.—La concepci3n moral del bien, ideol3gica del ser: *antropog3nia*. De aqu3 se deduce, que las manifestaciones cer3micas que acusan, totemismo, significan para el criterio arqueol3gico, organizaci3n cultural, con plasmaci3n del concepto familiar, es decir, evoluci3n sociol3gica avanzada"..... "I si analizamos aun m3s, el simbolismo de la cer3mica Chim3, encontraremos hasta manifestaciones de *fetichismo* que antecedieron al culto tot3mico, principalmente en los huacos, que ostentan aisladas representaciones zoom3rficas i fitom3rficas, sin correlaci3n argumental. Posteriormente, la cer3mica se presenta con grupos escult3ricos, denotando atributos divinos i simbolizaciones ideogr3ficas de gran trascendencia".

Finalmente, la ornamentación de la cerámica cuzqueña, acumulada en objetos íntegros en el Museo de la Universidad del Cuzco, i en fragmentos, que encierran un caudal único, acumulados en el Museo Particular del Señor Jenaro Fernández Baca i trasuntados por éste en un "ALBUM DE MOTIVOS DE ORNAMENTACION DE LA CERAMICA INCAICA",

La cerámica Cuzqueña presenta motivos geométricos, fitomorfos, zoomorfos, antropomorfos i "naturamortis".

En el orden *geométrico*, se suceden las combinaciones de puntos i manchas distribuidas en una o varias coloraciones, ya al azar, ya en disposición simétrica, o ya sobre fajas de coloraciones que armonizan con el conjunto del objeto; i de las de líneas onduladas i quebradas, paralelas o cruzadas que culminan en meandros dentilados, grecas, etc., i en combinaciones de los mismos entre si o con los anteriores, de una belleza fascinante por la feliz armonía del empleo de colores suaves, jamás chillones, desde el blanco marfil, el amarillo ligero, el anaranjado el ocre i el café, todos ellos en sus variados tonos, hasta el negro que rara vez se halla ausente en la motivación del ornamento concebido.

En el orden *fitomorfo*, se nota la variedad de hojas flores, frutos, i plantas, entre las que sobresalen el "Ñucchu" simbólico i la no menos cantuta o "Cean-toc", i el maíz en sus diversos estados de crecimiento.

En el *zoomorfo*, se multiplican los insectos, desde las sencillas hormigas, moscas, abejas, avispa, hasta las más bellas mariposas de formas i coloraciones de una belleza extraordinaria, igualmente abundan las llamas, vicuñas, venados, pumas, monos i demás cuai drúpedos que no son desconocidos, de los cuales ha uno que lleva dos jibas, en actitud de marcha. Multitud de aves en actitudes de vuelo, nado o marcha, entre las que se reconocen a simple vista la del pato, la garza, la perdiz, ("yuttu"), el picaflor, ("qquente"), el



gavilán, i otras muchas no constatadas i como procedentes de los Valles, al decir de personas peritas.

En el orden *antropomorfo* hallamos estilizaciones i dibujos perfectos de personajes en actitud de orar o de reverencia, de cabezas humanas; dibujos de cuerpo entero de ñusttas, sacerdotes, sacerdotizas, guerreros, floristas, alfareras i guardianes del Sol, motivos que cierran con broche de oro las aptitudes especializadas de los magníficos artistas nativos.

El sabio profesor Ponsnaski interrogado por el autor de la obra citada, para que emitiera su opinión sobre el contenido del album referido i que acababa de examinar, manifestó que todo el conjunto de tal obra, trasunto del esfuerzo pictórico del incanato, no era en sí, sino algo como una copia hecha en este período, de una escritura jeroglífica o pictórica propia de la civilización del Thiahuanaco, algo así como si un pueblo del futuro, desaparecida la civilización actual, hallara nuestros libros, i sus letras i palabras las tomara como motivo de ornamentación para sus diversos trabajos en cerámica i tejidos (!).

Tal opinión ha sido contradicha por el profesor alemán Nieztchi, que observó también el mismo album, días después de aquel señor, quien manifestó al autor, que motivos análogos a los acumulados por el Señor Fernández Baca, existen diseminados por Centro—América, Colombia, Venezuela, etc., etc., i que si se encuentran en nuestro país tales motivos jamás pueden ser debidas a una copia i menos a la influencia de unos con otros, pues como fruto del intelecto humano, partiendo del punto i líneas, i merced a la variedad de colores empleados, ha habido combinación de éstas i aquellas hasta alcanzar la variedad cada vez más compleja de los motivos ornamentales de la cerámica, con puntos de contacto accidental en los dibujos hechos. Por otra parte, los motivos fitomorfos i zoomorfos, el artista Cuzqueño los ha tomado de la misma naturaleza, siendo tanto más evidente esta afir-

mación, como que en las pictografías se ven siempre representados seres de cada región. Así Thiahuanaco no podrá presentarnos la variedad de hojas, flores frutos i plantas que registra aquél album, propio de la región cuzqueña, i menos los insectos, aves, cuadrúpedos, etc., etc., sin ya hacer mención de los motivos antropomorfos donde se ven relievados a personajes de la corte i la nobleza, hombres i mujeres con vestidos típicos, como fueron hallados a su llegada por los conquistadores.

c) *Pictografías de tejidos*.—En los mantos reales, "Uncus" Llicllas, Chumpis, Chchuspas, Huaraccas, Maquitos, Uncjuñas, Chchullos, Llacttu, Ponchos, etc. fabricados en telas de vicuña con hilados de oro i plata para la nobleza, i de llama algodón i la "pajpa"—maguey—para uso del pueblo las dos primeras, i para vestimentas de las momias la última, se encuentran ornamentaciones geométricas, fitomorfas, zoomorfas, antropomorfas i simbólicas, con las coloraciones del "ccuychi"—Arco Iris—tejidos con hilos finísimos como gruesos, que se conservan en los museos del Perú en mui poca cantidad, así como en los de los países extranjeros, los que validos de la ignorancia de los poseedores peruanos de estos tejidos, o de los ávidos de dinero, dueños que fueron de museos particulares, han acaparado posiblemente el 99 % de nuestra riqueza arqueológica en este orden.

No será demás dejar constancia del hecho de que la ornamentación cerámica ha desaparecido por completo en la fabricación de objetos que aun llevan a cabo los indios. En cambio, felizmente las indias conservan en sus tejidos las ornamentaciones antiguas, como fruto de una imitación constante de los tejidos primitivos.

En estos últimos, las ornamentaciones geométricas casi no difieren en nada de las ornamentaciones cerámicas del mismo género; pero las zoomorfas i antropomorfas se hallan sumamente estilizadas, a tal

punto que donde la tejedora nos dice que existe una ave, un puma o una figura humana, nos es difícil constatarlo, sino gracias a un esfuerzo de la imaginación.

## Quipus, Qjuipus o K'ipus

Los Quipus, Qjuipus o K'ipus, sistema ideográficos de que se hizo uso en el incanato, no son obra ni invención exclusiva de la época del Tahuantinsuyo, por lo mismo que su manejo fué corriente en la India como en la China, dato que asigna valor a la hipótesis del origen chino o indio de los americanos. Veamos algunas opiniones de los cronistas o historiadores que hacen referencia en sus obras con relación al presente capítulo.

Zárate dice que "habían casas públicas llenas de estas cuerdas, las cuales con gran facilidad daban a entender al que las tenía a cargo aunque sean de muchas edades antes que él".

G. García: "Cuanto los libros pueden decir de historias, leyes, ceremonias i cuentos de negocios, esos suplían los quipus tan puntualmente que admira".

Román: "Lo que a mí me espanta es que por los mismos cordones contaban las sucesiones de los tiempos i cuanto reinó cada rey, i si fué valiente o cobarde i bueno o malo".

Pero, que son los quipus? Aun cuando los distintos cronistas o historiadores describan los quipus de diversos modos, todos en cambio coinciden en que son haces de cordones de colores varios o de una sola, que llevan nudos sencillos, dobles, triples, etc., etc. para indicar las unidades, decenas, centenas etc. etc.

Ahora, donde viene la diversidad de opiniones; sobre los quipus es cuando aquéllos tratan de descifrar el fin a que estaban destinados. Así mientras para unos no son sino meros medios mnemónicos de contabilidad, para otros, como se ha podido notar en los pá-



rrafos trascritos, constituían verdaderas escrituras en las que se anotaban no sólo las cuentas sobre diversos objetos sino hasta la vida de los personajes i acontecimientos dignos de memoria para conocimiento de las generaciones venideras, pero cuya descifración correspondía exclusivamente a los quipucamayocce, o maestros en el manejo de este medio de trasmisión del pensamiento.

Gracias a los estudios monográficos hechos sobre los quipus, venimos en conocimiento de que unos i otros historiadores i cronistas tenían razón en aseverar sus afirmaciones particulares; pues, ahora se ha llegado a la conclusión de que existieron la siguientes clases de quipus:

a) *Mnemónicos*.—Los quipus mnemónicos, primitivos, son medios, de recordación en números, en los que posiblemente, se anotaban las unidades, decenas, centenas etc., mediante nudos sencillos, dobles i triples sin que todavía haya existido el empleo de colores. Tal sencillez se explica por el conocimiento que tuvieron de la numeración quechua, numeración adaptable a tal medio de recordación, por lo mismo que las decenas no tienen, como en el Castellano, diversas denominaciones sino de un diez, Chunca, dos dieces o veinte, iscaichunca; tres dieces o treinta o quinsa chunca, etc., denominándose también correspondientes a las centenas, *pachac*, a los millares *huaranca* etc. etc.

No será demás insistir que actualmente los indígenas hacen uso de los granos de maíz, trigo u otro grano, para llevar la contabilidad que acostumbran negociar. Así si por ejemplo, han vendido unas cinco cargas de leña a razón de un sol veinte centavos, proceden del siguiente modo:

1) A cada grano de maíz principian por darle el valor de diez centavos i acumulan doce granos en un montón o grupo, cuyo total representa el importe de una carga. 2) De igual modo proceden para la segunda, tercera, cuarta i quinta carga. 3) En seguida,

vuelven a reunir los granos utilizados en grupos de a diez, para saber el total de soles que deben recibir, i como han llegado a formar seis grupos exactos, no quedándoles ningún grano demás, llegan a la conclusión de que el importe total de sus cargas de leña asciende a la suma de seis soles.

No podemos decir que tal modo de proceder en la contabilidad del indígena es una supervivencia del empleo que hicieron de los quipus en la época pre-colonial?

b) *Quipus ideográficos*.—El consiguiente proceso evolutivo del anterior sistema, es consiguiente que tenía que conducir a nuevos descubrimientos, cuando por el mismo medio se trabaja, esta vez de recordar los diversos objetos susceptibles de contabilidad; i entonces, se hizo uso de los diferentes colores por ellos conocidos, determinando a cada objeto con un color; i por este medio, insensiblemente, se llegó al uso i práctica del quipu ideográfico que reproduce en la mente del quipucamayoc variedad de objetos, de acontecimientos, cálculo del tiempo, estaciones i hasta algunas biografías sencillas.

c) *Quipus fonéticos*.—La especialización de los quipucamayoc en el manejo de los quipus ideográficos, condujo finalmente, de manera insensible, a la invención del quipu fonético. Los párrafos citados de los cronistas en referencia, no nos hablan de quipus de este género?

Ahora, el punto fundamental estriba en saber si el quipu fonético alcanzó caracteres silábicos o hasta alfabéticos en el incanato, o no pasaron del simbolismo verbal, opinión última que se esboza en las monografías, hechas sobre el particular en nuestros días.

Habiendo llegado a adquirir el quipu fonético máxima importancia lingüística en relación a los petroglifos, geroglifos i pictografías, el uso de estos últimos tuvo que caer en desuso, mientras que aquél se convertía en escritura oficial del incanato.

Después de la conquista, con la introducción del cristianismo, los quipus, fruto del esfuerzo de muchos siglos o talvez milenios, de un pueblo pujante que empezaba a extender su dominación por la América del Sur al conjuro dado en mala hora por el tercer Congreso Limense (1583), que cegado bajo la hoz manejada por los sacerdotes i algunos fanáticos cristianos, como cayeron al mismo tiempo cuanto resto aún existía de petroglifos, jeroglifos, pictografías que hacían alusión a los hechos del pasado, se cincelan las piedras, se queman las telas, se destruyen los objetos de cerámica para hacer desaparecer las creencias antiguas que se oponían a la religión (?). He aquí la sentencia dada: "Cuiden los Obispos de destruir por completo todos estos instrumentos perniciosos....." "Ciertas señales de cuerdas llamadas por ellos quipus....." "Instrumentos de la antigua superstición....." "Ritos, ceremonias e inicuas leyes". Por felicidad el instinto de un pueblo, en conocimiento de la bárbara orden impartida, hace que los quipus entonces existentes fueron conservados, ocultos, para aparecer más tarde en museos extranjeros, i muy pocos en poder de particulares nacionales, que día a día, van también en peregrinación al extranjero en cambio de unos cuantos dólares.

Los pocos documentos que nos quedan en nuestros museos oficiales, no bastan para darnos una idea completa de lo que fué la escritura por los quipos.

## V

### Tradiciones

Entre los documentos conservados por la tradición tenemos una serie de canciones líricas aún no debidamente coleccionadas hasta hoy por la estoica indiferencia i poca afición de la mayor parte, que tratan con desdén las cosas de esta índole legadas por nuestros



antepasados, siendo muy pocos los que se dedican con fervor a esta clase de estudios. Podemos decir que la mayoría de estas canciones son esencialmente eróticas las que se encuentran generalmente unidas a la música como son los yaravíes o jharahuis, las huancas i los huainos cuyo contenido o fondo ideológico concuerda admirablemente con la entonación de la música como detallaremos más adelante, i sólo nos adelantaremos a manifestar que así el jharahui o yaraví es la plegaria erótica por excelencia, en ella, si se expresa por ejemplo, el lamento de un amante subyugado por la pasión, los versos son llenos de sentimiento i de ternura expresados a travez de los giros literarios especialmente de metáforas que abundan en su idioma e imprimen un sello peculiar al lirismo quechua; la música que corresponde a esta clase de composiciones, es por tanto, de las más tristes.

Existe también una variedad de leyendas, cuentos, fábulas i mitos en los que se puede apreciar la riqueza imaginativa de los que la produjeron.

Otra documentación valiosa de aquella literatura nos presentan los dramas que no tiene valor simplemente literario sino una gran importancia histórica; algo más, encierran en sí el germen (como por ejemplo el "Ollantay") de la revolución social i política que más tarde sacudiera el Universo, como veremos más adelante.

De todo lo expuesto hasta aquí se deduce que todos los documentos que hallamos para el estudio de la literatura quechua i que han llegado a nosotros hasta hoy, son sólo a travez de las tradiciones las que han sido explotadas i trascritas al papel (como no podría ser de otra manera por autores mestizos), más o menos modificadas por la forma, puesto que han sido ya vaciadas, por decirlo así, en el molde de la técnica dramática española de su tiempo.

## La literatura quechua es esencialmente lírica

Sería necesario hacer el estudio amplio del medio en que se desarrolló el individuo del incario para así poder traducir la expresión de su arte, porque todo esto como resultado de un conjunto de condiciones, viene a formar parte de la super estructura como resultantes de fuerzas que se entrecruzan desde la base; son pues energías Cósmicas i sociales de una época actuando sobre una cultura.

Al estudiar la literatura incaica producto del psiquis de aquella raza hemos de convertirla en un verdadero esquema puesto que fuera de su esquematización no se posee la manera de ser del que la produjo, toda vez de que nuestra vida, hoy más que nunca entremezcla de culto i civilizado, de Aldea, Ciudad i Urbe, nos ponen en un camino frente a la otra orilla de donde espectamos cosas que apenas guardan significado a nuestra vista. Fuera del mundo relativo de cada época estamos amurallados por la tradición a través de cronistas extranjeros, o mestizos, que ya llevan en sí una influencia extraña, encontrándose así lejos de poder dar a conocer en su realidad íntima el espíritu que por entonces animaba. "El hombre medida de las cosas" filtra la naturaleza a través de sí i esta expresión refiltrada en otra época, queriendo ser traducida, no viene a ser sino naturaleza tras naturaleza.

El medio geográfico donde se desarrolló el indio de aquél entonces corresponde a nuestra sierra, llena de inquietud creativa, de pleno sol, rocosa i encercada de cerros donde la voluntad del individuo ha de triunfar para abrirse paso; desde la puna trágica hasta la quebrada cálida todo es un constante chocar con la naturaleza, a este medio corresponde, pues, una manera de ser vívida i vehemente, pero enmarcada dentro del peligro, donde la razón i la voluntad aprenden a crearse músculos, una existencia que afirme la vida i pegue sus símbolos en tierra o en bloques de piedra; luego su ex-

presión será típica i así su literatura en totalidad, unida a la música, tiene un marcado acento lírico i su lírica es, ante todo, naturalista, donde se siente el golpe rudo del sino, respondido por un espíritu más amplio i comprensivo que aquél del que suele acostumbrar el concepto restrictivo i caprichoso del "occidental". La lírica quechua tiene tan amplia comprensión del suceder de las cosas i sus poemas nos dan la impresión de aquél que se empequeñece i anula ante la ambición fugada, los deja marchar tan libremente, o ellas brotan espontáneamente como los "ñucchus" o el "ccantucc" o el encarnado "achancecaray" de las cumbres o ve la manera de hacerlas surgir; pero jamás de ejecutar un capricho sin lógica; no se presenta como el tipo presuntuoso de *poder*, sino como la voluntad encarnada donde los golpes no dejan más que de ser golpes que sacan sinfonías muy propias del quechua, como el silbo prolongado del viento en los trigales o como la racha de tempestad que se descarga sobre el terruño, la tristeza de sus producciones llevan el golpe irónico del torrente sobre rocas híbridas. Todas las características que se reúnen en la producción literaria incaica parecen paradójicas; pero hai que contemplar bien el carácter enderezado donde la voluntad no pierde sus riendas, según parece actuaba entre el paralelo de dos raíces: cerebro i corazón, sin que este último haya logrado desequilibrar al primero: aquí se cumple el perfecto equilibrio de una vida netamente normal i bien dirigida: "tener el corazón hoguera i el cerebro sereno". Es por esto que todo el ahínco de una lucha tenaz entre dos razas inconexas no se traduce en una expresión exaltada contra el vencedor, ni en un espíritu deprimido por la derrota, antes bien, suena la síntesis de toda una dialéctica: "usos de la guerra son vencer i ser vencidos".

Pero el lirismo quechua no se debe traducir como el lirismo nuestro (de la época) donde las fuerzas sociales i la civilización han amañado nuestra perso-



alidad; es necesario tener en cuenta que antes que una literatura civilizada contemplemos una literatura culta encaminada a la civilización.

El hondo dolor serrano, dolor de lucha, ascención, por consiguiente de afirmación, en oposición al Nirvana de la India, anulación, producto de la naturaleza i del medio ambiente, se expresa en un hondo lirismo concéntrico hasta en su arte arquitéctónico, desde las puertas quebradas en trapecio i sus ángulos que se tuercen en curvas como en un supremo exfuerzo de querer ser.

El carácter volcánico del indio se descarga en acción para siempre frente a la idea de peligro, es por esto que en sentido erótico no tienen el requiebro del civilizado i si alguna valla impide, suena el lirismo como una quena que taja el viento en sus filos, i sólo un "quechua" puede comprender la alegría trágica de un "ttaj-teo" (zapateo o danza) donde a manera de un ego-sadismo se destroza entre alegrías el propio corazón. La literatura quechua tiene la suavidad de los huaillores, el contraste brusco de sus soles rotundos i el frío glacial de sus escarchas.

Recuerdo un fragmento de un poema quechua que comienza así:

Llampus chucchanta ccori puskapi  
Inti ccaiccoscca  
Munacuininri yunca pillpinto hina  
Ratacusunqui

que traducido al castellano da más o menos así: "sus cabellos suaves en rueca de oro enmadejó el Sol i sus caricias cual aleteo de cálidas mariposas te obsesionarán" (más o menos, que para traducirlo i transcribirlo exactamente se necesita estar en igual grado de inspiración).

La poesía, verdadera síntesis del arte, además de sentir las influencias inspiradoras, hallaba el instrumento más favorable para las composiciones más va-

riadas en el idioma quechua, de sonidos musicales, de enérgica concisión, pintoresco i apropiado para expresar con viveza i dulzura toda clase de conceptos.

Los *haravec* o poetas se distinguieron en los principales géneros poéticos, sobresaliendo la poesía lírica, han lucido su genio inventivo en versos por lo común cortos, inciertos en la rima, sin sujeción a cantidad i acentos, pero haciendo sentir los encantos del ritmo en la sucesión melódica de las sílabas.

En el género lírico ya se cantaban afectos apacibles, ya hacía su explosión el entusiasmo guerrero, i con tanta frecuencia como buen éxito se exhalaban los sentimientos de tierna melancolía con una dulzura i dolor incomparables; así en las composiciones elegíacas, o yaravíes, los poetas quéchuas representan a las rocas quebrantándose de pena i a la naturaleza entera conmoviéndose i compartiendo con los suspiros i quejas del infeliz amante.

Como modelos típicos de la poesía lírica quechua se pueden citar las tan conocidas canciones intercaladas en el célebre melodrama "Ollantay" que son llenas de una ternura i un acento inimitables, que, como muy bien dijo el Dr. José G. Cosío, "Sólo Zorrilla i Becquer han podido pulsar con tanta inspiración la cuerda sentimental ....", como lo hacen en quechua los autores de los versos mencionados en Ollantay que traducidos al castellano ya pierden la fuerza y fluidez sentimental que les caracterizan, como se verá en la transcripción siguiente que intentaré traducir:

## JHARAHUI

Del drama "Ollantay"

(Yaravi)

Iscai munanacucc urpi  
Llaquin, pputin, anchin, huakkan  
Iscaínintas kkasa pacan  
Hucc chchaqui mullppa curcupi

Huccninkaccesi chinkachiscca  
Huaillucuskkan pitullanta  
Hucc soccyapi sapallanta  
Mana haikkacc cacharispas

---

Huckkacc urpitacemi llaquin  
Pitullanta ccahuarispas  
Huañusecataña tarispas  
Cai simipi paipacc taquin

---

"Maimi urpi chai ñahuiqui  
Chai kkaskkoiqui munai-munai  
Chai sonkkoiqui ñucñuicunai  
Chai achancecarai simiqui"

---

Chincachicuec urpiri  
Kkakka-kkakkapi musppaspa  
Hueqqenhuan kkaparkkachaspa  
Quicamanñatacc puririn

---

Hinantimpi tapucuspa  
Yanallai maipitacc canqui  
Nispan mitkkan ranqui-ranqui  
Nispan huañun ullpuicuspa.

---

#### Traducción

Dos palomas que se querían  
sollozan, suspiran, se quejan i lloran  
las dos fueron sepultadas por la nieve  
bajo un tronco añejo i carcomido

---

Se dice que una de ellas perdió  
a su adorada compañera  
en un abismo a ella sola  
de quien jamás se había alejado



I la otra paloma solloza  
viendo a su compañera  
i encontrándola ya muerta  
i en esta voz para ella canta

---

"Donde están paloma esos tus ojos  
Ese tu hermoso pecho, ese tu corazón  
cuyo palpitir sentí un día  
Esos tus labios de grana"

---

I la paloma que perdió a su amada  
camina delirante, chocando entre las rocas  
envuelta en llanto, llamándola en vano  
i así anda como un errante

---

Interrogando por todas partes por su amada  
dulce compañera mía, dónde estás?  
Hablando así camina tropezando i a tientas  
repitiendo esto muere sumida en el dolor.....

### **Otro jharahui del mismo drama "Ollantai"**

Urpi uyhuasecaitan chineachicuni  
Huce chehilmiyllapi  
Paceta ricuhuace tapucuyuni  
Cai quitillapi

---

Millai munaimi sumace uyampi  
Ceoillormi sutin  
Paceta pantahuace hucape kkaillampi  
Ricuy sutinmi  
Quillahuan cusca Inti mattimpi  
Munai kkapchiypi  
Cusca illancu hucape sutimpi  
Ancha cusipi.  
Llampus chuechansi chchillu cainimpi  
Misatan ahuan

ya yurajhuen, llumppacc rinrimpi  
nanacctan rauran  
Qquechiprancuna munai uyampi  
Kkuychin pakkarin  
Iscaimi Inti quiquin ñahuimpi  
Chaimi sayarin  
Qquechiprallansi ñakkaita huachchin  
tucuy sipicmi  
achancecaraypas sansan uyampi  
Rittihuan cusca  
Mittum yuracpi, sami uecjaipi  
hinan ricuseca  
Sumacc simi kkampacmi pascan  
ritti piñita  
Asispan cconton miqqi sumaskan  
tucuy kkitita  
Llamppu cuncanri qqespi hualqqescca  
paraccay rittin  
Ulcju munaimi harcunhuan cusca  
hunttan puririn  
Qqueqqe maquinri lluellu cainimpi  
cullarimpunin  
Rucanacuna pascacuininpi  
chulluncun cutin.

#### Traducción

He perdido un paloma que la criaba  
En un instante  
Pueda ser que la veas, averigua  
Sólo por acá

---

Malo es querer a un rostro bello  
Su nombre es Estrella  
Pueda ser que creas que te equivocas  
Si brilla en el cielo, es ella misma  
Junto con la luna, el sol en su frente  
se refleja orgulloso

Juntos brillan en nombre de ella  
 con mucha alegría.  
 Sus cabellos negros i suaves semejan  
 madejas de seda  
 I con sus orejas suaves al contrastar  
 hacen la hoguera  
 sus párpados a su bello rostro hermosean  
 eual el Arco Iris embellece el cielo  
 Dos son los soles que brillan en sus ojos,  
 por eso alumbran.  
 Sólo sus pestañas seducen, esclavizan  
 a todos matan  
 El achancarai es fuego en sus mejillas (1)  
 sobre la nieve de su rostro

.....  
 así se vió

En labios divinos desatar para tí  
 blancas perlas.

En los jharahuis o yaravíes transcritos sólo he procurado dar una idea aproximada de su contenido sin pretender traducirla, porque como ya he dicho el castellano carece no sólo de la dulzura que posee en sí el idioma quechua, sino de la riqueza en giros metafóricos i onomatopeyas que contribuyen a la belleza de su poesía. Así hai palabras que tienen por sí solas una delicadeza i ternura de contenido que no alcanzaríamos a traducirla en nuestro castellano, empleando frases íntegras, i así llegamos a la conclusión de que es difícil hacer una verdadera traducción.

En el último yaraví transcrito las estrofas que quedan no traducidas contienen palabras que ya no se conocen en el quechua que hoy se habla en la antigua capital del Tahuantinsuyo, i puesto que la mayoría de las palabras nos son ya desconocidas en su significado

---

El *Achancarai* es una planta muy semejante a la Violeta de los Alpes, que da una flor roja muy encendida, planta silvestre que crece en las punas.



no se puede captar el pensamiento que más o menos se quiere expresar, i pudiendo servirnos este dato para nuestro convencimiento a cerca de la antigüedad del drama a que pertenecen estos versos, del que nos ocuparemos más adelante.

La petición que formula Ollantay ante el Inca, solicitando la mano de su hija, es toda una oda heroica, que la daré a conocer solamente en 'castellano a fin de no ser mui cansada con las transcripciones en quechua:

### Escena XI del drama "Ollantay"

Ollantay.— Gran monarca, tú no ignoras,  
Que desde niño en la corte,  
Yo de paje a todas horas,  
Te he servido.....sin más norte,  
Que tu gloria en Anti-Suyo  
Como un fiel esclavo tuyo.....  
.....  
Cuando tú del Universo,  
La conquista concebiste  
Reproduciendo mi esfuerzo.....  
Todo un hombre tú me hiciste,  
Aparte de lo aparente,  
Por el sudor de mi frente!  
Para ir a todo instante,  
Con la muerte por delante;  
Para herir i derribar,  
Apresar i avasallar  
Seres de origen titánico!  
I.....? De esta manera a dónde  
No corrió sangre enemiga?  
Del Imperio en los anales,  
Tampoco, Señor, se esconde,  
A tus ojos paternas:  
Que vencí i esclavicé  
La comarca de Hanan-Suyo,  
I con los Yungas de suyo,

Para tu casa a tu pié!  
 I..... despreciando cabalas  
 Yo también quemé a los Chancas  
 Para cortarles las alas;  
 I con famosas palancas  
 A Huanca Huillca arrollé!  
 I..... Öllantay dónde no fué  
 En tu servicio el primero?  
 I..... aquí a tus augustas plantas  
 ¡Oh Inca!..... Oh veces cuantas,  
 Traídos no fueron por mí,  
 Ya con feroces aullidos  
 O ya plañendo rendidos,  
 A ser juzgados por tí,  
 Pueblos de origen egregio?  
 Padre, por qué tú me diste  
 De oro este champi regio?  
 I este yelmo me pusiste  
 De oro también! ¿Para qué?  
 Noble para qué me hiciste  
 A un huérfano? no lo sé!  
 Tuya es de oro esta maccana  
 I yo mismo, tuyo soi,  
 Por tí me obedecen hoi,  
 Los antis, gente galana  
 Con ochenta mil guerreros  
 Para guardarte los fueros!  
 Oh padre! por esto mismo,  
 Alzame más del abismo,  
 Compadecido otra vez .....

.....  
 (Se arrodilla)

I.....a Cusi Ccoillor dame a quien amo!

.....  
 Siendo así mi amo gustoso,  
 Sí, con mis pies de esta suerte,  
 Iré a buscar la muerte:

## Pachacutec

Ollantay: ¿visto has quien eres?  
Mortal.....¿sabes lo que quieres?  
Tus ojos a mucha altura  
Los has puesto criatural!

## Ollantay

Degüéllame de una vez!

## Pachacutec

Véte tú i lo que haré.....  
No me lo anticipes, ve,  
No en tu juicio estabas pues!  
(I vase el Inca enojado.)

(De la traducción del drama Ollantay por el Doctor Bernardino Pacheco).

La expresión breve i comprimida de la que carece el castellano, ese sentido simplista, pero ahido; corto, pero rotundo se encuentran en el quechua i este afán, posiblemente ha traído en lo moderno (es decir en nuestra época), eso del vanguardismo, ultraísmo i todo ese alambrado de *ismos* que sirven de trinchera a algunos que imaginan en la oscuridad de lo incomprendible el misterio de lo bello.

En resumen, el lirismo incaico encontró en el quechua todo lo que hoy busca el arte cansado en su desperdigamiento por buscar nuevos caminos, desde el simplismo de sus "huancas" "donde las palabras aisladas interpretativas, encierran un amplísimo sentido i hacen un conjunto misterioso en la melodía saturada de cierta vaguedad idealista en medio de la realidad de los hechos" hasta las composiciones netamente literarias de los "huainos" que van desde dos i tres sílabas para adelante i demuestran todo el desarrollo de entonces.



El Dr. Uriel García, en su libro "El nuevo Indio" describe espléndidamente la modalidad i expresión del himnario andino; la "huanca"—dice—es la imprecación solemne a las fuerzas creadoras de la vida, en la hora crepuscular de los atardeceres, al concluir la jornada de la siembra cuando el Sol se ha puesto i las sombras de la noche descienden furtivas desde los montes próximos. Bajos imprecativos que caen sobre los sembrados como sonidos de cobre o pesantes como la piedra, música que ondula entre la luz i la sombra, entre el día i la noche. Tiene la sonoridad cavérmica del "ayarachi" el instrumento del pajonal chumbivilcano. Exclamaciones interjectivas, tropos dominadores del silencio campestre, invocaciones a los genios germinales de la simiente acabada de esconder bajo la gleba".....

"El Jharahui" es toda una escala sentimental que canta las intimidades del alma, desde la pasión amorosa hasta el llanto funerario. Canto de la soledad, de la desesperanza o de la ilusión fallida; clamor del amante, plegaria religiosa, lamento del desgraciado. Nació en las inclemencia de la puna, bajo la emoción del paisaje estelar. Por eso para cobrar todo su esplendor emotivo busca la eminencia, la soledad nocturna i se expresa admirablemente en la quena de la que hace su instrumento favorito".

"El huaino i la Kashua, su alegre es la exaltación del estado de alma jocundo. Se dirá que es el canto del panorama diurno de la quebrada florida, del maizal opulento. Entusiasmo de peréntesis, en medio del trabajo doloroso, de la victoria heroica. Es la alegría del que sufre la vida, del que la vive en combate cotidiano que es triunfo o también de derrota—que es dolor por tanto. No es la alegría del si-barita, ni del hombre del Paraíso que vive en un campo de poesía bucólica, cuando el campo andino, en todas sus zonas es trabajoso i áspero, después de todo, que no permite el ocio ni la pereza epicúrea....."

*La poesía épica*, tampoco fué desconocida por los hijos del Sol, pues se dedicaron a celebrar los sucesos más o menos interesantes en un estilo elevado i sencillo al referir los altos hechos de los Incas i la producción fabulosa de los grandes meteóros, como en el siguiente romance acerca de la causa de las lluvias i tempestades conservado por el P. Valera:

|               |                      |
|---------------|----------------------|
| Sumac ñusta   | Hermosa Princesa     |
| Turallaiquin  | Tu Hermano           |
| Puyñuyquita   | El cántaro tuyo      |
| Ppaquin cunan | Ahora quiebra        |
| Hina mantatac | I por esto           |
| Cunununumun   | Truena, relampaguea  |
| Illac pantac  | Caen rayos           |
| Ceanri ñusta  | I tú princesa        |
| Unuyquita     | Tus aguas            |
| Paramunqui    | Nos llueves          |
| Maininpiri    | I a veces            |
| Chirimunqui   | Granizas i nievas    |
| Pacharurac    | El hacedor del mundo |
| Pachacamac    | Pachacamac           |
| Huiracocha    | Viracocha            |
| Cay hina pac  | Para eso             |
| Churasunqui   | Te destinó           |
| Cama sunqui   | Te dió el ser.       |

### **La poesía dramática i el "Ollantay"**

La poesía dramática, que sólo puede florecer en un elevado grado de cultura tampoco fué desconocida en la época imperial; pues, la nobleza se hacía un honor de representar en las mayores solemnidades tragedias i comedias cuyos argumentos eran, según Garcilazo-, de hechos militares, triunfos i victorias, hazañas i grandezas de los reyes pasados, de las primeras, i los de las comedias eran de agricultura, de hacienda, de cosas caseras i familiares.

Salcamayhua atestigua la existencia de la dramática i trae los nombres de cuatro especies distintas de dramas que son "*Anay Sauca*" o comedia, "*Hayachuca*", "*Llamallamas*" o tarsa i "*Hanamsi*" o tragedia.

Según refiere el profesor Makhram, hai además una prueba evidente de la conservación del antiguo repertorio dramático, así como de la transmisión de memoria de los propios dramas, de generación en generación hasta después de la conquista. En la sentencia pronunciada por el Visitador Areche contra los rebeldes del Cuzco, en la que prohibía la representación de dramas, así como cualquiera otra fiesta que los indios celebraban en memoria de sus Incas; por consiguiente no cabe dudar sobre la transmisión de aquellos dramas de padres a hijos.

Betanzos i Cieza dicen haber presenciado muchas de esas representaciones i también Santa Cruz Pachacutec—según el doctor Larrabure i Unánue menciona los títulos de algunas.

Entre los dramas quechuas conservados por la tradición indígena i el que en sí reúne caracteres de una marcada antigüedad como más adelante es el "*Ollantay*" cuyo fondo i cuya belleza literaria están mui por encima de toda ponderación.

### Argumento del Drama

El drama está dividido en tres actos, cuyas escenas representan acontecimientos que pasan a fines del siglo XIV i principios del XV. la escena se realiza en el Cuzco i Ollantaitambo; el protagonista del drama es Ollantay, un mozo de gallarda presencia, promovido a la Capitanía general de Antisuyo, una de las cuatro secciones territoriales en que estaba dividido el Imperio del Tahuantinsuyo. El prestigio de su elevado rango, i más que todo, el ejercicio de sus funciones imponían al joven militar la necesidad de frecuentar la Corte del Inca por cuestiones del servicio. Con este



motivo se enamoró de la Princesa Cusi Kcoillor (Estrella de la Alegría), hija del Inca reinante Pachacutec, dando rienda suelta ambos, a sus amores ilícitos. Aquí conviene anotar, entre paréntesis, que la pretensión de Ollantay no habría sido sacrílega en reinados anteriores, pues el matrimonio del soberano o de su heredero, con su hermana, i el de las princesas sólo con Príncipes de sangre real, fueron leyes dictadas por primera vez por Pachacutec. El poder Imperial i la grandeza de este monarca lo movieron a encumbrar a la familia real sobre la nobleza; pues la severidad con que castiga a su hija en el drama que nos ocupa, queda explicada por la violación a la ley que acaba de implantar.

Ollantay, deseando poseerla legalmente como su esposa, consulta al Sumo Sacerdote del imperio, Huillac Uma, sobre el modo de suplir los requisitos de sangre i nobleza regias que eran indispensables para esta clase de alianzas.

Huillac Uma trata de disuadir a Ollantay de tan temeraria empresa; pero el apasionado guerrero revisitiéndose de un valor resuelto, impetra al propio Inca la mano de su hija. El monarca, profundamente afectado de tan inesperada sorpresa, niega perentoriamente la pretensión, i ordena que su hija Cusi Kcoillor sea encerrada en uno de los Acllahuasi o Monasterios en que vivían las Vírgenes del Sol, permitiéndole sólo comunicarse con su madre Anahuarqui. Allí la princesa dió a luz, como fruto de sus amores, una niña que recibió el nombre de Ima-Sumac (Qué hermosa), la cual fué criada i educada por Pitu-Salla una de las vírgenes carceleras de Cusi Kcoillor. Mientras tanto, Ollantay meditaba el desquite por el desaire que le había inferido el Monarca; por lo que reuniendo a los Jefes de más prestigio de su división, dió a conocer la ofensa que había recibido de Pachacutec. Esta denuncia dió margen a que el ejército de Antisuyo encabezado por Urco Huaranka, se subleva contra la autoridad de

Pachacutec proclamando como Ina a Ollantay. El ejército se retiró al valle de Huilcamayo, distante veinte millas de Urubamba i tomó sus posiciones en las grandes fortificaciones de Ollantaytambo. Habiendo fallecido Pachacutec sin lograr al rebelde reducir, le sucedió su hijo Yupanqui. Este, deseoso de terminar la contienda encomendó al general Rumiñahui (Ojo de Piedra, y que mandaba la Capitanía general de Collasuyo, el cual profesaba un antagonismo personal para con Ollantay. Piqui-Chaqui (Pie de Pulga) era un page de toda confianza del general rebelde, el cual solía introducirse furtivamente en el Cuzco para observar las maniobras del enemigo. Con tal motivo un día fué reconocido por Rumiñahui quien trató de ganarse la simpatía del page para que le revelase la situación de Ollantay i su tropa; pero no habiendo obtenido su propósito i desengañado que nada podía por semejante medio acudió a la estrategia de hacer circular públicamente, la noticia de haber caído en la animadversión del Inca a consecuencia de estar convicto del crimen de infidelidad contra el monarca. Para dar mayor veracidad a su treta, Rumiñahui se cortó una de las orejas i cubriendo su rostro de contusiones fué a presentarse ante Ollantay, el cual, generosamente, creyendo en la sinceridad del relato de Rumiñahui, le dió hospedaje en la fortaleza. Un día que las tropas de Ollantay se habían entregado al regocijo de una fiesta solemne, el traidor dió aviso a las tropas de Inca Yupanqui las que tomaron fácilmente la fortaleza llevándose a Ollantay i a su ejército triunfalmente al Cuzco. La escena concluye con la clemencia del Inca para con Ollantay i Cusi Kcoillor, cuyas nupcias se celebran pomposamente.

A fin de dar una idea más aproximada del drama, voi a referirlo por escenas en las que, aunque con gran dificultad he intentado traducir algunos trozos, que fríos i desmayados con relación al original nos hacen ver la flexibilidad i adaptación del quechua en el manejo de metáforas i onomatopeyas.

## Descripción del Drama

El Drama empieza con un diálogo entre Ollantay i Piqui Chaqui, mozalvete agudo i picarezo cuyas chistosas salidas hacen correr una vena cómica por el drama. En el diálogo Ollantay expresa su amor por la Princesa Cusi-Kcoillor i ordena a Piqui Chaqui que lleve un mensaje: éste esquivo el asunto de la conducción del mensaje. Entra en seguida el Sumo Sacerdote del Sol, Huillac Uma, quien enterado del amor de Ollantay, lo amonesta en una escena de gran solemnidad, procurando disuadir al audaz guerrero de su vedado amor.

La escena siguiente ocurre en el Palacio de la Reina: aparece la Emperatriz Anahuarqui en compañía de su hija, la Princesa Cusi Kcoillor que se lamenta amargamente de la ausencia de Ollantay. En este acto entra el Inca Pachacutec quien ignora que su hija no sólo tiene amores con Ollantay, sino que ya está en cinta, cosa que oculta su madre celosamente. El Inca prorrumpe en extravagantes expresiones de amor para con su hija en los siguientes términos:

Cusi-Kcoillor, soncco ruruy  
 Llipichuriycunac ttican  
 Cay ckasccoipa pantillican  
 Simiyqui yaurace huairuru  
 Cai ckasccoiman hamui urpi  
 Cai ñahuiypi pacaricuy  
 Cai ricraipi samaricui

## Traducción

Cusi Kcoillor, Estrella de la Alegría, pedazo de mi Corazón, fruto de mi amor, ser de mi ser, flor de mis hijos, fibra la más delicada de mi pecho, de los labios



de grana, ven hacia mí, ven dulce avecilla, descansa en mi pecho, alegría del vivir, luz de mis ojos, escóndete en ellos ....

Luego entran mozos i doncellas bailando i cantando, primero una canción de cosecha, entonan después una doliente elegía de amor o sea un "Jharahui", cantares ambos que se prestan a que la Princesa les interprete como fúnebres presagios de su suerte i de la de su novio.

En la tercera escena, Ollantay formula su petición al Inca, i es desdeñosamente rechazado. Se retira Ollantay a su domicilio i prorrumpe entonces en franco reto en un soberbio soliloquio, abrumado de dolor: cae desmayado, más reacciona i declárase en implacable enemigo del Cuzco i del Inca. Sigue luego un divertido diálogo entre Piqui-Chaqui i su amo: Piqui-Chaqui que acaba de llegar del Cuzco le trae la noticia de que el Palacio de la Reina está abandonado i que Cusi Kcoillor ha desaparecido i en tanto que buscan a Ollantay; mientras dialogan amo i criado óyese una canción tras de una roca, en que se celebra la belleza de Cusi Ccoillor. Se escucha en seguida música de clarines i rumor de trompetas que se acercan. Ollantay i Piqui Chaqui se dan a la fuga.

En la escena siguiente aparece el Inca despechado por la huída de Ollantay i ordena a su general Rumiñahui que parta inmediatamente a apresarle. De pronto entra un Chasqui o Correo, trayendo de noticias de que Ollantay ha levantado un considerable ejército i de que los rebeldes lo han aclamado Inca.

El segundo acto se inicia con una escena imponente en el Palacio-fuerte de Ollantaytambo; las tropas aclaman Inca a Ollantay i este nombra general de su ejército al caudillo Orko-Huaranka. El nuevo general explica los planes que ha concebido para contrarrestar al ejército del Cuzco que se aproxima i su plan defensivo. En la escena que sigue, Rumiñahui prófugo entre los cerros describe su derrota i el triunfo com-

pleto de la estrategia de Ollantay i de Orko Huarancca.

La última escena del segundo acto se realiza en los Jardines del Convento de las Vírgenes del Sol, donde yacía emparedada en una torre la Princesa Cusi Kcoillor i donde dió a luz a una niña a quien llamó Ima-Sumac (qué hermosa) por cuyo delito sufría ese terrible castigo; la niña fué llevada a la misma prisión donde creció sin saber que vivía al lado de su madre. En esta escena aparece una niña de pié en una puerta que da a la calle, la niña como se ve es Ima-Sumac, hija de Ollantay i Cusi Kcoillor, que tiene ya diez años e ignora aun a sus padres, a ella viene Pitu-Salla, su nodriza que la riñe por su afición de atisbar por la puerta i se entabla el diálogo entre las dos, donde se ve que a pesar de las reflexiones de la nodriza, Ima-Sumac odia el Convento i rehuye la vida monástica. Habla la niña de los gemidos i suspiros que oye cuando se pasea en el jardín i de los extraños sentimientos que esas lamentaciones despiertan en su corazón. Este relato constituye el más bello pasaje del drama. I le interroga que hasta cuándo le va a ocultar el misterio que encierra esa pared (señalando el sitio donde está encarcelada su madre) i le suplica le diga quién está ahí. Apenas sale Ima Sumac, entra Mama Ccacca a acribillar a Pitu-Salla con preguntas sobre su trabajo de persuasión de la niña para que abraza la vida monástica. Esta Mama Ccacca es una de las matronas o Mamacuna del Convento i también carcelera de Cusi Kcoillor.

El tercer acto comienza con una escena jocosa entre el Huillac Uma i el pícaro Piqui Chaqui que se encuentran en una calle del Cuzco: Piqui Chaqui necesita obtener noticias sin decir nada i sale con la suya; en efecto se entera de la muerte del Inca Pachacutec i de la ascensión de Tupac Yupanqui quien había estado ausente muchos años empeñado en lejanas conquistas i a quien se supone poco enterado de los sucesos acae-

cidos en el Cuzco, Piqui Chaqui corre a llevar esta nueva a su señor. El nuevo Inca da a Rumiñahui el comando de un ejército para someter a las tropas rebeldes de Ollantay. Sigue una conferencia entre el nuevo Inca Tupac Yupanqui, el Huillac Uma i el derrotado general Rumiñahui, quien promete reparar su desastre i traer al Cuzco a los rebeldes vivos o muertos. En efecto, Rumiñahui pone en juego una astuta i perversa estratagema para conseguir su objeto: oculta a sus tropas en la quebrada contigua de Yanahuara, cerca de Ollantaytambo, prestas a invadir a la señal convenida. Luego se corta una oreja, tasajeó su rostro, cúbrese con barro, llegó así a la fortaleza, asilo de los rebeldes i comparece ante Ollantay en traje de prófugo, afirmando que había sufrido ese trato del Inca i que llegaba en demanda de protección i que en venganza deseaba unirse a la insurrección. Ollantay lo acoge con la mayor benevolencia i hospitalidad. A poco celebran en la fortaleza Ollantay i su ejército el Inti-Raymi o solemnísima fiesta del Sol con muchos regocijos i libaciones; aparenta Rumiñahui participar de las fiestas atizando las orgías i borracheras usuales, manteniéndose por su parte en completo ayuno; pues cuando a la mayoría de las gentes rinde la embriaguez, abre las puertas de la fortaleza a sus tropas i apresaa a los rebeldes.

La siguiente escena se verifica en el jardín del Convento, en donde Ima-Sumac, en un diálogo conmovedor importuna a Pitu-Salla para que le revele el secreto de la reclusa.

Al fin cede Pitu Salla para que le revele el secreto i le promete que una vez que se retiren a dormir las demás Acllas irá con ella. Luego aparece ésta trayendo en sus manos una lámpara encendida, un jarro de agua i una fuente de comida, Ima Sumac le sigue, después de andar un trecho hacia la pared se detiene i abre una puerta oculta que conduce a la celda en que Cusi Kcoillor se halla asegurada a la cadena de presi-



diario, engarzada en una argolla, remachada a la pared, su cabello desgredado i con un semblante moribundo que incita a la conmiseración, se acerca a la augusta prisionera i luego Ima-Sumac exclama: qué ven mis ojos? - acaso he buscado a un cadáver? - qué susto!!!!

Cae desmayada i sus sentidos se embargan, Pitu Salla se confunde i rocía un poco de agua sobre el rostro de Ima Sumac diciéndole: "La miseria i el hambre la consumen, aun no está muerta" a su vez Cusi-Kcoillor se desmaya i Pitu Salla con los dedos empapados en agua aspergea el rostro de Cusi Kcoillor, la cual instantáneamente vuelve en sí mientras Pitu Salla se pone a darle por bocados el alimento traído, Ima Sumac se dirige a Cusi Kcoillor limitándose a consolarla i aquélla le refiere el motivo de su prisión, luego interroga a la niña: "I tú dulce niña quien eres? - A qué has venido? - I como te llamas?", la niña contesta: Me llamo Ima Sumac.... entonces Cusi Kcoillor reconoce a su hija i estrechándola en cordiales abrazos le manifiesta que élla le puso ese nombre, i haciendo recuerdos de Ollantay besa a su esposo en la persona de su hija. Luego Ima Sumac que envano quiere consolar a su madre se entrega al impulso de un vehemente llanto. Se alejan las visitantes i cierran la puerta de la prisión.

Esta escena constituye la parte más sentimental del drama, especialmente en el diálogo que se implanta entre las dos, madre e hija, al referirse recíprocamente su suerte al decir de éllas mui semejante i especialmente en el pasaje que Ima Sumac, al ser interrogada por su madre con respecto a su edad, la niña responde en estos términos: "Hartos i horribles años he vivido en esta casa detestable, donde he pasado mis días solitaria i triste i no se todavía aun contar...." "Mi corazón sollozante i angustiado, sumerjido en llanto eterno, encuéntrame en esta casa que no es para mí. Sin un

padre ni una madre en quien ver un pedazo de mi ser i en cuyo regazo vivir acariciada.....”

Aparece después el Inca Tupac Yupanqui en la sala de ceremonias de su Palacio, sentado en su tiana o trono, acompañado por el Huillac Uma. Comparece ante ellos un Chasqui o mensajero que refiere el éxito de Rumiñahui. Entra en seguida el propio Rumiñahui i es felicitado por el monarca; luego llegan los prisioneros maniatados, vendados i escoltados por sus guardianes: Ollantay, Hancko Huayllo, Orcco-Huaranca i Piqui Chaqui. El Inca les enrostra su traición i pide al Huillac Uma que los juzgue; el Sumo Sacerdote aconseja el perdón; Rumiñahui propone la ejecución inmediata. El Inca parece acceder a esta insinuación, i ordena que los ajusticien; mas, al punto exclama i ordena que se detengan. Perdona a los culpables, otorga a Ollantay la más alta dignidad del Imperio después de la suya i da a Orcco Huaranca el generalato del ejército; lo deja en su lugar a Ollantay para marchar a la Región del Collasuyo. Sucédese regocijo en festejo del perdón. Cuando en mitad de la ceremonia de reconciliación se oyen voces fuera del recinto en que se encuentran, impidiendo a que penetre Ima Sumac; el Inca al oír las voces de protesta i al ser informado de que una niña implora con lágrimas entrevistarse con él, ordena que la conduzcan a su presencia; entra Ima Sumac llorando, con el cabello suelto, asustada i mirando a todos arrójase a los pies del Inca i le suplica salve la vida de su madre que yace emparedada. El Inca consulta a Ollantay el asunto, pero éste no reconoce a Ima Sumac i merced a la intervención del Sumo Sacerdote el Inca cede acompañar a la niña i se encaminan todos al torreón en que yace Cusi Koillor i a quien suponían muerta hace tiempo. La siguiente escena se realiza en los jardines del Convento, penetra en ellos el Inca con toda su Corte i ordena a Mama Ccacca que abra la puerta de piedra i los servidores sacan a Cusi Kcoillor, quien prueba ser

hermana del Inca i es reconocida por Ollantay i devuelta a los brazos de éste i el monarca bendice la unión de ambos en cuya ceremonia se presentan Ollantay i Cusi Kcoillor, vestidos de gala i rodeados de la nobleza i altas dignidades del Imperio, el Inca les une las manos en señal de estar consumado el desposorio legal; después se entabla una conversación entre Ollantay i Cusi Kcoillor interrumpida por momentos por las frases consoladoras del monarca, al oír éste los tristes recuerdos de su trágico pasado que se hacen los referidos esposos, luego llega un page a anunciar al Inca ha llegado las comparsas, que entran bailando al compás de la Ccashua i con esto termina el drama.

## Interpretación personal del contenido del Drama

Por serme el tiempo escaso para detenerme, como sería mi deseo, en un estudio minucioso i profundo del drama que me ocupa más que todo en mi preocupación de que quizá el presente trabajo no llegue dentro del término que se me concede para su presentación, me limito a hacer un estudio mui breve; porque, a decir verdad, cada página, cada renglón, cada palabra del drama, se presentan ante mí a la manera de un "quipu" incásico del que se pueden extraer muchas verdades no solo de trascendencia nacional sino universal; así se lee en la carátula: "OLLANTAY" "Los rigores de un padre i la clemencia de un rey"—sabemos por la historia i no necesitamos repetirlo el que las leyes del incanato eran mui severas i debían cumplirse extrictamente; la palabra del Inca era para los de aquél entonces como la palabra del mismo Dios para los Católicos de hoi, i no quiero entrar en detalles. Lo que me interrogo es aquello del perdón que concede Tupac Yupanqui a Ollantay i a sus secuaces. ¿Por qué le concede el perdón a Ollantay? ¿Será acaso que intuye, como diríamos hoi, que es el esposo o novio de su



hermana? No. Le perdona incondicionalmente, porque ha concebido sin duda la idea, que sólo puede agitar los grandes cerebros, de que "los hombres valientes hacen falta a la Patria"; pues bien, quiénes son los heroes de mañana, son los sumisos o son los rebeldes? La Juventud no es rebeldía?—No es acaso la época feliz en que el espíritu se siente agitado por tantas concepciones primorosas que se traducen muchas veces en la sublimidad del heroísmo ....? Qué habría ganado Tupac Yupanqui con hacer quitar la vida al valeroso revolucionario Ollantay, como en nuestros tiempos (que no sé si cada día vamos más adelante o más atrás, que no sé si caminamos hacia la civilización o hacia la barbarie) que a cada paso presenciamos con horror unos, con satisfacción otros i con indiferencia el resto, los llamados fusilamientos? I no podremos decir que el Indio Tupac Yupanqui fué un inteligente i hábil político?

En el Ollantay se pueden apreciar las diversas manifestaciones del espíritu de la raza en todos los géneros literarios i tiene escenas eminentemente líricas, como se puede apreciar en los yaravies ya trascritos, además en los diálogos de Pachacutec con su hija Cusi Ccoillor, en las lamentaciones de ésta por la ausencia de Ollantay, etc., etc. Así mismo en otras estrofas se siente palpar con toda su fuerza i vigor la poesía épica como se puede apreciar en aquella solemne imprecación de Ollantay al ser desdeñado por el Inca que le negara rotundamente la mano de su hija, cuando prorrumpe en un soberbio soliloquio, en el que además del aliento subjetivo o lírico predomina un marcado acento épico, i es como sigue:

## Acto II - Escena I

Huai Ollantai, Ollantai!!!  
 Cai jinatachu huicchusunqui  
 caitachu cutichisunqui  
 llapa ttactac cainiquiman  
 chaichica cjuyasccaiquiman

---

Huai Ccoscco huai sumac llacta  
 cunanmanta kjayamancca  
 auccan casacc, casacc auccan.  
 Chai cjasccoiquita kkaracta  
 lliquircospa sonccoita  
 cunturcunaman ccarasac  
 callpai canmi ccareconaipac  
 chai aucca, chai incaiquita

---

Juñu juñu huaranccata  
 anticunata llullaspa  
 suyucunata tocllaspa  
 pusamusac Coleccanpataman.  
 Saccsayhuamanpin ricunqui  
 runaita pfuyuta jina  
 chaipin sayarincca nina  
 chaipin yahuarpi puñunqui  
 chaipin paipas ricuncca  
 pisichus ñoccapac yunca  
 puchuncaracchus cuncaiQUI....  
 "Manapunin ccoiquimanchu"  
 —nihuanrac chai ususinta  
 quicharinrac chai simita—  
 "Manan ccampacceca canmanchu  
 nispaspa uticun pfiñascca,  
 ñocca cconccor chaqui mañactiy.  
 Incan paipas ñocca cactiy  
 tucuimi chaitacca yacharccan.....  
 Cunancca caillaña cachun.

(Piqui Chaqui puriy riy  
Cusi-Kcoillorniyta niy  
cunan tuta suyahuchun)

Ay Ollantay, Ollaytay!!!  
De este modo te desprecian?  
así te corresponden?  
a tí, tundidor de pueblos  
a tu rendida súplica.

---

Ay Cuzco ciudad hermosa  
de hoi para mucho tiempo  
tu verdugo he de ser, he de ser tu verdugo  
desgarrando fieramente tu pecho  
daré de comer tu corazón  
a los cóndores.  
Tengo aun bríos para arrojar fuera  
a ese tu verdugo a ese tu Inca.

---

Reuniendo a los Antis por miles  
rogando a los Antis  
asechando las comarcas  
traeré a Ccolccampata  
sobre Saccsayhuamán verás  
mi gente como nubes.  
Allí crepitará la hoguera  
allí te ahogarás en sangre  
entonces verá él  
si son estrechos mis valles  
o te sobraré el aliento.....  
"No te puedo conceder"  
—se ha atrevido a decir de su hija—  
—ha abierto sus labios.....  
"No puede ser para tí"  
—ha proferido obsedido de rabia—  
Pidiéndosela yo postrado de rodillas  
El es Inca por mi  
esto lo sabían todos.....



I ahora no haya más.  
(Piqui Chaquí vé, corre  
i dí a mi Cusi-Kcoillor  
que esta noche me espere).

(Traducción del Dr. José G. Cosío)

Algo más; en el "Ollantay" se pueden apreciar todos los géneros dramáticos, en él se mezclan la tragedia i la comedia, lo grande i lo pequeño, lo placentero junto a lo doloroso, lo alegre junto a lo triste, contrastando, a su vez, con la gracia i el ingenio del bufo Piqui Chaquí, que provocando situaciones ridículas representa la parte jocosa del drama.

Cusi Kcoillor en la prisión e Ima Sumac encerrada desde su tierna infancia en el claustro de las Acllas, exenta de las caricias i ternuras de una madre, Ima Sumac que al llegar a los diez años comienza a darse cuenta de los misterios que el mañana le depara en su enigmático silencio, ella que se interroga en sus largas horas de soledad i hastío, sin hallar respuesta a sus preguntas i ruega con lágrimas a la carcelera de su madre, que le descubra el misterio que encierra la pared (que ella ignora aun sepulta a su madre viva), esa criatura que al oír los gemidos extraños a través de la pared misteriosa, siente en su alma algo trágico e inexplicable para ella que la hace sufrir intensa i horriblemente, aquello que es sin duda lo que el saber filosófico de hoy trata de explicar i le llama *telepatía*. Ima Sumac que aun ignora que su madre está junto a ella, aunque en el presidio, atada a las toscas i pesadas cadenas q' despiadadamente oprimen su cuerpo, i que sólo la pared le divide del ser que anhela también ver al fruto de sus entrañas. Estas dos criaturas que sienten su alma desgarrarse por el martirio de la soledad i del abandono; ellas que expresan su hondo sufrir en frases cortas, rotundas i llenas de sentimiento i ternura, capaces de conmover el corazón más empedernido, que para comprenderlo es necesario poseer el idioma quechua i

ser "Keswa", para transcribirlo ser un Zorrilla o un Becquer; las escenas de Ina Sumac, fruto del amor i Cusi Kcoillor el idilio de la juventud i símbolo del sacrificio, representan la tragedia.

Ollantay, el valeroso guerrero en quien se reúnen las virtudes del *hombre carne* i del *hombre espíritu*, representa el aspecto grande i sublime del drama, él es el tipo del guerrero valiente, él es el héroe i sometedor de las cumbres rebeldes; como guerrero es enérgico i fuerte, como súbdito fiel, como amante raya en lo trágico, como cuando en su atrevida pretensión de pedir la mano de la hija del Rey más encumbrado i pedante es desdeñado, de adicto i fiel servidor del Inca se convierte en enemigo implacable no sólo de él sino de su misma "tierra hermosa" i querida como la llama al Cuzco. En la lucha es sereno i valiente, cuando ama su corazón es hoguera, donde arde la pasión más grande de la edad de las ilusiones i de los sueños, por eso a él no le importan las categorías sociales, él ama i eso es todo; ama a la Princesa, él es súbdito, él es vasallo, su amada es la Princesa noble, es la hija del poderoso Pachacutec; ante sus ojos élla es sin rival en el mundo, ante su hermosura son tinieblas el sol i los demás astros que brillan en el firmamento; ante su corazón que arde en igual llama que el de su amada ambos son iguales, ambos sienten la misma hoguera de la pasión más sublime de la juventud que vive para amar. Ollantay que ve truncado su amor, perdida la ilusión, destrozada su vida lejos de Cusi Kcoillor, a quien cree haberla perdido para siempre, prorrumpe en frases que claman no sólo venganza sino reivindicación de su amada que queda quizá sepultada no sólo en el dolor sino su existencia apagada para siempre, sus frases son de evocación a Cusi Kcoillor, son de dolor y de angustia; son de resentimiento, de reto de decepción para el Inca a cuyos pies había puesto hasta entonces, sus energías, su valor i hasta su propia vida. Desdeñado huye de él; pero no quiere ni puede sumirse en el rincón del silen-

cio i de la soledad; él, indio soberbio, quiere competir con el mismo Soberano orgulloso de su linaje, en quien dominan i han hecho raíz las antiguallas de las clases o categorías sociales. Ollantay quiere destruir i destruye esos prejuicios que iban cristalizándose en leyes severas, "La voluntad se impone" i se impuso; Ollantay se declara entonces el *precursor de la revolución social* que más tarde sacudiera el mundo; precursor no sólo de aquel aforismo que dice: "No hai razas superiores" sino de que "no hai clases superiores ni inferiores" i que más tarde fuese garantizada por aquello de la igualdad ante la lei o igualdad civil.

El "Ollantay", en su fondo, no sólo tiene la importancia histórica de la tradición sino algo más, contiene el germen de la posterior revolución social, tiene, por tanto, importancia social i política.

## Antigüedad del drama "Ollantay" i su valor histórico

Muchas son las pruebas que evidencian la antigüedad del drama en referencia, pruebas que a su vez refuerzan i dan luz a muchos puntos de nuestra historia sumidos en la oscuridad de las tradiciones i de las leyendas. Tantos hechos que esperan del arqueólogo i del historiador un detenido examen, una intuición del pasado i una deducción lógica i racional, exenta de todo género de pasionismos, como se pueden apreciar en los siguientes datos que corroboran a la antigüedad del drama:

a) Es sabido que el cuzqueño don José Palacios recogió la tradición del drama del indio Fabio Ttito, vecino de San Blas, que tenía más de ochenta años de edad i recordaba el nombre de Ollantay i de Rumiñahui i dijo que sus antepasados le refirieron el relato. (1837).

En cuanto a lo que afirma Palacios de existir cierta diferencia entre la tradición i los episodios del drama, esto es muy justificable, puesto que es tan generalizado



el hecho de que hayan interferencias de sucesos cuando éstos se refieren sólo por narración oral, es también posible el suponer que haya creído conveniente, dentro de la ficción poética, el que dió al drama su forma actual, agregar lo suyo a la narración incaica a fin de presentarla tal como la conocemos hoy.

El Dr. José Gabriel Cosío que se ha ocupado en varios e interesantes artículos de la Revista Universitaria del Cuzco, acerca de este drama transcribe un trozo de la obra "Monografías Históricas Americanas" del señor Larrabure i Unánue, el cual hace referencia de la antigüedad del drama i dice así: "Podemos asegurar que mucho antes de la insurrección encabezada por Tupac Amaru i de que el cura Valdez hiciera representar el drama se conocía generalmente la tradición del "Ollantay" i aun existían pinturas que la conmemoraban. Así consta i lo he leído en una obra inédita que se conserva en la Real Academia de la Historia de Madrid, trabajo precioso i digno de la publicidad. Dice su autor que vió en Tambo, pueblo de la provincia de Calca i a diez leguas del Cuzco, el degolladero también de piedra que mandó hacer el Inca Huaina Ccapac, para ajusticiar al famoso Ollantay, su gobernador que se rebeló por cuyo vencimiento i triunfo mandó poner su efigie real de pintura en el hueco de una peña a la entrada de este pueblo sobre la derecha la que aun se deja ver con admiración de todos, manteniendo contra toda la inclemencia de los tiempos sus mismos vivos colores...." (Rev. Universitaria N° 15). Esto hace referencia a la figura sobre la que nos ocupamos ya en la primera parte de este trabajo i sobre la cual ya dí mi opinión personal.

En la exposición transcrita lo único que sufre alteración en lo que se refiere al drama es el hecho de conceder a Huaina Ccapac la reducción de Ollantay i el drama atribuye este hecho a Rumiñahui, general de Tupac Inca Yupanqui, i es de suponer que como ya dijimos anteriormente, han sufrido alteraciones a traves

de la tradición tanto los hechos como los nombres, quedando siempre en el fondo la verdad histórica dentro de la fantasía de las leyendas, dentro de sus mitos i exageraciones.

b) Una de las razones en que se apoyan los que quieren negar la antigüedad del "Ollantay" es la contradicción que se dice existir en el drama presentando a Tupac Inca Yupanqui como hijo i sucesor de Pachacutec en cuya época comienza la acción, siendo así que según Garcilaso el sucesor de éste fué Inca Yupanqui.

Polo de Ondegardo en sus informaciones dice que vió la momia de 4 emperadores, entre ellas la de Amaru, personaje del que también hacen mención las informaciones de Toledo, Garcilaso, Diego Fernández, Santa Cruz Pachacutec i Pedro Pizarro, considerándolo como hermano mayor de Tupac Inca Yupanqui. Según Santa Cruz Pachacutec, Amaru, hijo primogénito de Pachacutec, heredó la corona por abdicación de su padre i renunciándola a su vez en favor de su hermano Tupac Inca Yupanqui. El Dr. Riva Agüero ha aclarado este punto de esta manera: Amaru fué el Yupanqui heredero de Pachacutec, se vió obligado a renunciar el trono en favor de su hermano quien reunía las condiciones requeridas para afrontar i salvar la situación difícil que atravesaba i ponía en peligro el Imperio, pues en el corto gobierno de Amaru los purunaucas o los de Chile, derrotan a las fuerzas del Cuzco; los Ccollas se sublevan, los chirihuanas se muestran irreductibles i todos estos peligros que acechaban la vida del Imperio ponían en evidencia la necesidad de un Emperador capaz de salvar aquella situación. El "Ollantay" confirma esta versión con toda amplitud, lo que hace pensar, según afirma también el doctor Cosío en su citado artículo, en la autenticidad incaica de una parte del fondo de la obra que aun a través de los siglos ha conservado este dato que dada su importancia trataron de grabar en su memoria los pueblos del antiguo Imperio.

En la escena quinta del segundo acto aparecen el Huillac Uma i Piquichaqui, paje de Ollantay, quienes se encuentran de súbito en una calle del Cuzco; el Sumo Sacerdote está de riguroso luto i el paje que se esquivo a las preguntas que le hace aquél para descubrir la vida de Ollantay quien ya se ha declarado jefe de los Antis; Piquichaqui, astuto, a fin de desviar lo que el Huillac Uma se propone sacarle, interroga al sacerdote en estos términos: "I tú, por qué, cual una gallina enferma arrastras tan fúnebremente tus vestidos? Mira que lo negro puede mancharse en el barro" El sacerdote le responde: "No ves envuelto en llanto al pueblo del Cuzco por la muerte de Pachacutec? Mira, todos visten de negro, todos vierten lágrimas". Piquichaqui: ¿I quien ha ascendido al trono después de Pachacutec? El Sacerdote: "Tupac Yupanqui será su sucesor". Piquichaqui: Pachacutec tuvo pues un primogénito?, el Inca que dices no es el segundo de ellos? El Sacerdote: "Todo el Cuzco lo ha escojido por su rey i no puede ceñirse sino él con el *llauto*....".

(En la trascripción que hace el doctor Cosio referente a esta parte del drama, anota que el diálogo que antecede es entre Piquichaqui i Rumiñahui; en cambio, en la copia del original que posee el señor Julio Rouvirs en el Cuzco, el diálogo es entre el Huillac Uma i Piquichaqui, i atino a suponer de que la causa de esta divergencia quizá sea a raíz de la diferente procedencia de las copias encontradas de las q' se dice haber hallado una, entre los papeles del cura Valdez, otra, en poder del cura Justiniani, i, finalmente, un ejemplar en el Convento de Santo Domingo del Cuzco).

Como ya lo anotó el doctor Cosio en su referido artículo; el drama confirma el punto aclarado por el doctor Riva Agüero acerca de Inca Yupanqui i Ttupac Yupanqui i nuestro convencimiento será mayor si agregamos al hecho de que según la historia este Inca tuvo que dominar la rebelión de los Ccollas i según el drama, después del perdón que concedió a Ollantay marcha



ALUMNOS DE LA FACULTAD DE DERECHO CON EL RECTOR INTERINO DR. PONCE DE LEÓN.



Ttupac Yupanqui hacia Ccollasuyo dejando como lugarteniente del reino al propio Ollantay. Hai en el Ollantay además de esta escena otras muchas de datos eminentemente históricos i que así pueden reforzar unas i aclarar otras, puntos dudosos i oscuros de nuestra historia.

c) En cuanto a la creencia de algunos de que el drama se ideó i se escribió en la época Colonial, basados en la razón aparente de que ningún cronista de la época hace mención del "Ollantay"; pero en cambio será preciso manifestar que todos los cronistas refieren que los Incas eran muy aficionados a las representaciones escénicas, las que se daban en las grandes solemnidades i otras razones que quedan ya expuestas por las que no podemos poner en duda la existencia de la dramática en la época incaica. I el hecho de la omisión de los cronistas respecto al carácter peculiar e íntimo de los dramas se explica fácilmente: Es sabido que los Indios aun de hoy son muy aficionados a dramatizar los hechos que más les impresionan, a extremo que muchos de sus bailes actuales tienen este carácter, como el titulado "Accorasi" que acostumbran anualmente los indígenas de Acomayo que según los detalles que refieren los del lugar, opino que sea en conmemoración de las antiguas fiestas del Imperio por la ascensión al trono de un nuevo Inca; así mismo hai otros muchos bailes referentes a la vida de sus antepasados o a la de los conquistadores a quienes tratan en estas ficciones generalmente en forma satírica.

### Paternidad del Drama

Ha sido muy generalizada hasta hoy la opinión de que el Cura don Antonio Valdez, Párroco de Sicuani (según otros de Tinta) fué el primero que trasladó el "Ollantay" de boca de los indios al papel dividiéndolo en escenas i adaptándolo al teatro, así el refirieron también al profesor Markam; pero éste dice que existió ya

una versión hecha en 1735, hecho que contradice la aseveración anterior.

Otra razón que apoya la tesis de que Valdez no puede ser autor del drama, tesis que queremos comprobar, es que jamás dijo Valdez a sus contemporáneos que él fuese autor del drama como dice Fidel López cuyo padre fué mui amigo de Valdez i "tuvo por cierto que el drama era mui antiguo". López dice refiriéndose al testimonio de su padre: "Yo le oí decir muchas veces que don Mariano Morenas, otro amigo de Valdez a quien lo conoció durante su permanencia en Charcas pensaba lo mismo a este respecto. La segunda razón es que el Padre Iturri mucho más viejo que Valdez habla en su famosa carta contra Muñoz de los dramas quechuas transmitidos hasta nosotros por tradición indiscutible". (Trascripción del doctor Cosío Revista Universitaria N° 15.)

Además nos induce a negar la paternidad del drama a Valdez el hecho de que se han hallado copias anteriores a la de éste, como la que posee el Convento de Santo Domingo del Cuzco i la del Cura Justiniani de Lares; pues el hecho de atribuir a Valdez la paternidad de la obra sólo estriba en haberse hallado entre sus papeles un ejemplar del manuscrito del "Ollantay" i en las noticias no comprobadas aún de que lo hizo representar dicho Valdez en 1780, años de la sublevación de Tupac Amaru.

Muchos autores como Tshudi i otros aseguran que el drama fué escrito en los primeros años del Coloniaje o a lo más en el siglo XVII; Markam que lo cree dentro de lo mucho de incaico que guarda escrito en los años subsiguientes a la conquista; Menéndez Pelayo cree que el drama fué escrito por algún religioso español del siglo XVII.

"Además Valdez vivió en la segunda mitad del siglo XVIII i murió en la primera decena del XIX" (Cosío Art. citado); el lenguaje empleado en el "Ollantay" es quechua que podemos llamarla clásica i hai frases que



aún los mismos indios no la comprenden ni existen en los diccionarios de la lengua, lo que no ocurre, por ejemplo con el otro drama quechua "Usca Paucar" cuyo autor tampoco se conoce i se cree que probablemente se compuso a fines del siglo XVIII.

Por todo lo expuesto se ve que sobra razones para asegurar que Valdez no fué autor del "Ollantay". Tampoco sería posible afirmar que el drama sea tal como lo conocemos i tal como se le representa, de origen incaico aunque tenga gran parte de éste; no hai duda de que la técnica del drama es netamente española; el que recojió las piezas del drama que se recitaban i representaban claro que ha sido ya un hombre hábil conocedor de la técnica dramática de su tiempo i es suponible que haya sido un indio de raza dadox el manejo maestro del idioma quechua, i dada la exacta coincidencia con los sentimientos i carácter de la civilización incaica. El Dr. José G. Cosío cree que Espinoza Medrano o sea el "Lunarejo" haya sido el autor del drama, i quizá en fecha no lejana mediante prolijas investigaciones que practica el doctor en referencia llegue a comprobarse el verdadero autor del drama "Ollantay".

### Otros dramas quechuas

Junto al "Ollantay" merece especial mención el "Usca-Paucar", joya de inestimable valor en la literatura quechua, el que "literariamente considerado, es superior al Ollantay por la mayor flexibilidad, galanura, riqueza i gracia de elocución, como por cierto idílico matiz de algunos episodios" i por la arrulladora armonía i fluida versificación.

Uno de los Dramas quechuas cuya tradición sea quizás mucho más antigua que la del "Ollantay" i del que se puede deducir igual o mayor importancia histórica que aquél, por afirmar el contenido de este drama una realidad histórica palpable a los ojos de los que han tenido la oportunidad unos, i a la curiosidad otros

de visitar el pueblo denominado Piquillaceta, donde tiene lugar el escenario del drama que titula "Uskja-Mayta"; pues existen las dos acequias tradicionales atribuidas en el drama a aquellos dos príncipes, cuyo argumento brevemente reseñado es el siguiente:

Los protagonistas son los Príncipes Uskja-Mayta i Usca-Pauccar; la escena tiene lugar cerca a la provincia del Cusco, pueblo donde Urco, es señor de esa sección i Padre de Ima-Sumac, cuya mano se disputan los hermanos mencionados, que son dos Generales en el Reinado de Inca-Yupanqui, siendo Pauccar preferido por los padres de Ima-Sumac, pero ésta ama a Uskja-Mayta; no pudiendo el padre inclinar la voluntad de su hija hacia Pauccar, puso una condición que se casaría su hija, con el que hiciese llegar el agua a la mansión de Urco en el menor tiempo posible; comunicada la proposición a los dos hermanos, Pauccar pidió plazo de un año para verificar la obra; pero Uskja-Mayta, el arrogante hijo del Sol, contesta a la propuesta en arrogantes frases: "Tres meses bastan para realizar tus deseos noble general. Pocas cosas hai para el hombre que por tal se tiene que sean verdaderamente imposibles. El que ama con amor no sólo puede hacer que el deshielo invada el llano o que la pica corte las entrañas de un cerro; puede hacer que en la sombra de la noche, aparezca la radiante claridad del día, puede hacer cambiar el sitio a las montañas, puede secar el cauce de los ríos i convertir en prado fértil a las piedras estériles. La voluntad es hija del amor. Tres meses bastan..." Los dos hermanos comienzan la obra titánica, i trascurridos los tres meses, una noche mientras la Luna alumbraba los jardines de la casa de Urco, la dama enamorada siente en su mansión un ruido extraño; el canto cristalino que avansa pujante, que serpentea e innunda la tierra. Pero ella sufre al pensar que aquel río puede traerle la felicidad o la perpetua angustia; pero habiendo encontrado a Mayta, el príncipe arrogante,

amado de su corazón vió que las aguas de los nevados llevaban hacia ella la felicidad soñada.

Urco fiel a su palabra empeñada concede la mano de su hija a Mayta que legalmente la había obtenido; pero su hermano Paucar indignado por su derrota le declaró la guerra, invadiendo con su ejército el lugar donde residía el General Urco; éste i Mayta salen al encuentro de las huestes de Paucar i tienen lugar un sangriento combate; pero Paucar viéndose a punto de ser derrotado, solicita el perdón a su hermano quien cede i en el mismo campo se reconcilian.

Hai en esta obra, cuyo autor es el conónigo Dr. Mariano C. Rodriguez (del Cuzco), un sentido tan intenso de la naturaleza i una tristeza tan honda que a travez de ella surge el espíritu del gran pueblo incásico cortado en flor por la ignorancia de los conquistadores.

"Sumac-Ttica" es otro drama de argumento mui sugestivo i romántico que interpreta admirablemente el alma indígena, drama del que bastará decir que honra sobre manera a la personalidad del autor, Cuzqueño, Señor Nicanor Jara, que merece puesto respetable entre los amantes de las Letras Aborígenes.

## Conclusión

Todos los dramas quechuas a los que nos hemos referido van saturados de un profundo sentimentalismo, todos ellos son delicados, apacibles, tiernos i poéticos como un amanecer andino; en ellos parece que encontró el quechua su campo de acción para hacer derroche de su lenguaje breve, pero expresivo, dulce, cual correspondía a aquella raza noble, de espíritu sencillo, tierno i afectuoso, idioma que es el sólo todo una melodía saturada de profunda filosofía.

Sus frases, poemas delicados, fluyen como un manantial tranquilo, sus canciones se deslizan tiernas como el arrullo de la madre, i al vibrar de sus quenas



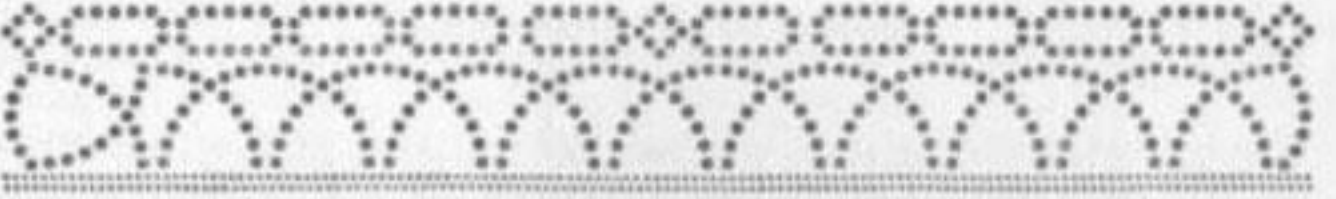
parece que se vacía en ellas el alma indígena, evocando entonces nuestra mente la tragedia vivida.

Pensemos con dolor en nuestra raza aborigen, en su remoto abolengo, en sus conquistas inverosímiles, en sus amores clásicos e inmaculados bajo la luz predilecta i ténue de la luna confidente i amiga. Nuestro corazón sangra copioso, nuestros sentimientos estremecidos enfloran piadosas lágrimas rebelándose contra los designios de lo ineluctable.

Raza de amor i de belleza, dueña de tus quimeras idealizadas, de tus devociones inextinguidas i orgullosa de tus sacrificios inmerecidos!!!!

Raza de sufrimiento i de la tristeza de la ingenuidad i de la mansedumbre, en tu alma angustiada florecieron las adelfas del dolor; por eso tus cantos, puestos en el corazón de las quenas, son lágrimas que tiemblan i se abaten! Tu vida pasa por entre un sendero de malezas i zarzales, sin la paternidad amparadora de tus Incas, ni la oración tranquilizante i esperanza de tu Huillac-Uma!!! Para tí la tristeza de mi penar recóndito; para tí la bondad de mi alma que te ama; para tí la admiración de mi espíritu....!!!





## CUESTIONES INDIGENAS

# Sistema de arrendamiento de terrenos de cultivo en el departamento del Cuzco, y el problema de la distribución

---

### *SUMARIO:*

Introducción.— I Arrendamiento por dinero.— II. Arrendamiento por trabajo.— III. Arrendamiento por frutos: Aparcería.— IV. Arrendamientos mixtos.— V. Sub-arrendamientos.— Conclusión.

### *INTRODUCCION.*

El trabajo que hoy presento á vuestra consideración fué escrito todavía el año 1913, cuando éste y otros temas, igualmente interesantes nos fueron dados para que á elección los desarrollásemos como deber de la clase de Economía Política. Fué debido á esa tendencia eminentemente práctica y regionalista que supo imprimir á su curso, el Catedrático doctor Alberto A. Giesecke, que sus alumnos de entónces nos ocupamos, en la forma que nos lo permitieron nuestros escasos conocimientos y facultades, de asuntos tan complejos y sugestivos como el comercio de importación y exportación en el departamento del Cuzco, id. el al por mayor y al por menor, la exportación del caucho y el jébe de nuestras montañas, vías de comunicación, posibilidades de establecer nuevas industrias, sistemas de cultivo agrícola, el indio como factor económico, formas del arrendamiento de terrenos de cultivo y otros no menos importantes. Cada uno de nosotros eligió y estudió un aspecto de la actividad económica de nues-

tro Departamento. El resultado total, por muy modestos que hayan sido los alcances de los trabajos aisladamente considerados, debió ser satisfactorio. Por lo menos se logró hacernos observar los hechos y anotarlos para que sirvan de datos á posteriores estudios en los que pueda hacerse apreciaciones más exactas á medida que aumente el número de observaciones, y lo que es más probable que servirán para señalar el rumbo de nuestra evolución económica.

Yo creí que uno de los más fáciles entre todos los temas, era este del que ahora me ocupo, y naturalmente, lo elegí, siguiendo esa tendencia universal que nos impulsa a dirigir nuestra actividad en el sentido de la mínima resistencia. Después, he tenido suficientes motivos para desengañarme y desistir de mi infundado prejuicio. Es muy difícil encontrar datos precisos acerca de las transacciones económicas, sobre todo si son referentes á la tierra. Ello se debe á muchas causas, entre las que creo poder señalar las siguiente: En primer lugar, la falta de una unidad de medida de la tierra. Es completamente diversa la manera como se la mide en cada provincia. En unas partes el topo es la extensión que se puede sembrar con cierta cantidad de semilla; en otras, desde hace mucho tiempo se ha dado en considerar como de un topo diferentes extensiones de terreno. Por último hay regiones en que los habitantes distinguen los topos en grandes y chicos, según la cantidad de semilla que emplean en el cultivo ó según las yuntas de bueyes que necesitan para su labranza. Lo dicho basta para concluir que topo es una palabra sin acepción real única. Y todo esto que acabo de decir es para aquellos lugares en que el arrendamiento se hace por topos. Que diré de aquellos otros en los que se hace por "arriendos y no por topos? Los arriendos son las extensiones de terreno cuyo uso se concede por el conductor ó propietario de una finca (rústica) á sus colonos, peones ó como se llame a sus arrendatarios. Esas extensiones lo mismo



pueden ser de uno ó de veinte topos ó más. Naturalmente que la tasa varía con la extensión del arriendo, aunque no siempre proporcionalmente. Pero, basta que lo que se llama un arriendo sea una cualquiera extensión de terreno, para justificar lo que teengo dicho acerca de la dificultad de hablar de la tasa de arrendamiento por unidad de extensión de terreno en el departamento del Cuzco. En segundo lugar, la ausencia de los más elementales conocimientos, y hasta de criterio en las personas que intervienen en los arrendamientos, como arrendatarios, que en su mayor parte son gente rústica é ignorante, dificulta grandemente la determinación de los datos. He comprobado muchos casos en que los indios arrendatarios de tal ó cual terreno, prefieren trabajar treinta días al año en pago del arriendo, á tener que satisfacerlo en dinero. Y haciendo la comparación resulta que lo que desembolsarían en dinero, pongo por ejemplo, es seis soles al año, en tanto que el trabajo realizado (con el jornal mínimo de 30 centavos diarios) representa mucho más, nueve soles en el ejemplo propuesto. En otros casos el propietario ó conductor concede en arrendamiento el uso de un mismo terreno por diferentes tasas, según sea la forma de la concesión. Así en una hacienda del distrito de Ollantaytambo, de la provincia de Urubamba, un mismo tope de terreno produce al locador seis soles anuales, cuando el arriendo se paga con días de trabajo; ocho soles cuando es abonable en dinero y mucho más cuando el arrendamiento es en compañía. Se vé, pues, que aún en los casos en que se conoce la extensión de terreno que se da en arrendamiento, es difícil determinar la tasa de arriendo, porqué ésta varía según sea la forma de concesión de dicho terreno. Y las dificultades no terminan allí, sino que dentro de cada una de las formas referidas, la tasa de la renta sube ó baja en razón de muy diversas causas. Así en el arrendamiento á partir en un cincuenta por ciento de toda la cosecha (sin deducir los gastos) el arriendo su-

birá cuando aquélla sea buena y abundante; bajará relativamente, cuando sea mala y escasa. Por otra parte, la naturaleza del artículo producido y su precio de venta son factores que influyen eficazmente en la determinación de la tasa de arrendamiento, especialmente cuando es abonable en frutos. Todos los hechos de que dependen las variaciones del salario, modifican, también la tasa del arrendamiento cuando es abonable en trabajo.

En resumen, a todas las causas de carácter general que hacen que la tasa de arrendamiento (y también la renta) sea esencialmente variable y dinámica hay que agregar las que resultan de la falta de unidad de medida de la tierra, la indeterminación de lo que se paga por su uso y la falta de estadísticas particulares al respecto, como causas especiales que impiden hablar de la tasa de arrendamiento por unidad de extensión superficial de terreno en el departamento del Cuzco.

Y las dificultades no desaparecen aún circunscribiendo el estudio á una provincia ó distrito. Tan accidentado es el suelo de esta región y de la Sierra en general, y por consiguiente tan diversa su productividad, económicamente hablando, que sería temeraria cualquier aserción que pretendiera señalar para cada provincia o distrito una tasa uniforme. En tales circunstancias el único recurso científico para determinar, siquiera sea aproximadamente, no la renta de la tierra, pero sí la tasa de arrendamiento en el departamento del Cuzco, es la aplicación de la conocida regla estadística de los términos medios. Y eso es lo que he hecho, procurando tener presente el mayor número de datos a fin de dar más probabilidades de acierto a mis deducciones. Es de advertir que sólo he incluido como datos aquellos casos en que me consta que la tierra ha sido medida por topos, excluyendo aquellos otros en que dicha medida ha sido adulterada.

Antes de pasar adelante quiero precisar lo que debe entenderse por topo en el curso del presente estudio.

La palabra **topo** es un americanismo, cuya significación quedará explicada con el siguiente párrafo que copio de lo que al respecto dice el fidelísimo autor de los Comentarios Reales, en la primera parte, libro quinto, capítulo III que trata de "cantidad de Tierra que daban a cada Indio, y cómo la beneficiaban". "Daban a cada indio un **tupu**, que es una hanega de tierra, para sembrar maíz, empero tiene una hanega y media de las de España". También llaman **tupu**, a una legua de camino, y lo hacen verbo, y significa medir, y llaman **tupu** a cualquiera medida de agua, o de vino o de cualquiera otro licor, y a los alfileres grandes con que las mujeres prenden sus ropas, cuando visten. La medida de las semillas tiene otro nombre, que es **POCCHA**, quiere decir hanega".

"Es bastante un **topo** de tierra para el sustento de un plebeyo, casado y sin hijos. Luego que los tenía, le daban para cada hijo varón otro **tupu** y para las hijas á medio".

Sin insistir más en el aspecto histórico de esta medida, presisaré la extensión que tiene en la práctica, en los distintos lugares del Departamento.

**Topo** es un cuadrilátero de 44 varas de ancho por 88 de largo ó lo que es lo mismo una superficie de terreno de 3,872 varas cuadradas, que convertidas al sistema métrico decimal, equivalen á 2,705 metros cuadrados ó sean 27 áreas. Como digo por segunda vez, hay **topos** más o menos grandes, pero el más conocido y usado es aquél cuya extensión acabo de señalar.

Antes de finalizar estas necesarias aclaraciones, creo conveniente decir algo acerca de la procedencia de los datos que sirven de base al presente estudio, y de la significación que debe dárseles. Los que se refieren á las provincias de Calca, La Convención y Anta los he recojido personalmente durante la excursión universitaria del año 1913 que fué organizada y dirigida por el Rector de la Universidad; todos los demás me han sido proporcionados por personas fidedignas y que co-



nocen suficientemente los hechos á que se refieren por ser conductores ó propietarios de fundos rústicos, situados en las diversas regiones del Departamento.

Los casos que expongo á continuación no son únicos, sino típicos, y si los refiero a determinados lugares es solo por hacerlos más concretos y precisos, y no por que sean peculiares y exclusivos de dichos lugares.

## I.—ARRENDAMIENTO POR DINERO

En esta forma de errendamiento, el propietario concede el uso de terrenos al arrendatario, durante un tiempo determinado y por cierta tasa convenida, y que paga en dinero. Al estudiar esta manera de arrendamiento, conviene hacer una distinción que dará lugar á algunas observaciones importantes. Esa distinción proviene de la extensión de terreno de cuyo arrendamiento se trata, de la condición social de los que intervienen en el contrato, y de la forma de celebración y cumplimiento del mismo. Me refiero á la necesidad de distinguir el arrendamiento de fincas ó haciendas, del arrendamiento de pequeños lotes de terreno ó fracciones de dichas haciendas.

En la locación de haciendas el arrendatario es generalmente, de la misma condición social qu el locador ó propietario. Es á su vez una persona que goza de una mediana posición económica; pero lo que principalmente hay que tener en cuenta, es que en un caso de descuerdo ó conflicto con el propietario, puede hacer valer sus derechos y lo consigue frecuentemente, merced á que las condiciones de la locación constan casi siempre por escrituras públicas. Estos convenios se estipulan con pago de mejoras y por varios años, distinguiéndolos en forzosos y voluntarios. Pero como vuelvo á decir, sobre lo que quiero llamar la atención es que, ambos contratantes ejercitan cuando es necesario, la aptitud que tienen de hacer valer las garantías que nuestras leyes acuerdan en los contratos de loca-

ción, tanto al arrendatario como al propietario; garantías que aunque previos juicios, se traducen en hechos. En suma, para estos contratos llegan á ser eficaces las disposiciones de nuestro C. C. y ello se debe en parte á su forma de celebración y principalmente á la circunstancia señalada, de tener los contratantes poco más ó menos la misma posición económica social.

Sin insistir ya en las otras condiciones como las relativas al tiempo y forma del pago del arriendo, quiero consignar el dato de que el cánón conductivo casi nunca se fija á tanto por topo, sino á tantos soles al año por toda la hacienda. Y digo casi, por no incluir algún caso (excepcional seguramente) en que el arrendamiento de alguna finca se haya hecho midiéndola previamente y en que el precio total del arriendo resulte de la suma de las tasas parciales (fijadas también de antemano) de arrendamiento de cada unidad de extensión. Es pues sólo con posterioridad que puede fijarse á cuanto por topo resulta el arriendo de una finca ó hacienda, dividiendo el precio total que se paga por su uso por el número de topos que tenga.

El cánón siempre se paga en dinero y son rarísimas las ocasiones en que el arrendatario queda obligado á pagar parte de él en frutos, estimados á precios de plaza. La tasa, en esta forma de arrendamiento es la más baja, relativamente á las que se paga en los demás casos descritos más adelante.

El arrendamiento de pequeñas fracciones de terreno (pertenecientes á una misma hacienda) por dinero al elemento trabajador, es decir á esta clase social compuesta en su mayor parte de indígenas y también de mestizos que por su vida y costumbres forman un solo grupo con ellos, es raro. Tienen lugar únicamente cuando el propietario no necesita emplear á sus arrendatarios en el cultivo de su hacienda, sea porque puede proporcionarse trabajadores en otra forma más económica, ó porque encuentre más ventajoso arrendar por fracciones toda su hacienda.

El contrato es casi siempre verbal y se renueva anualmente. La tasa de arrendamiento es fijado por la costumbre en cada lugar y se paga al tiempo de la cosecha ó sea al finalizar el año agrícola. No obstante los propietarios ó patronos tienen la tendencia de suspender la tasa del arriendo y exigir el pago adelantado. En cuanto á la extensión de los terrenos que se dan en arrendamiento es muy variable, y son muchos los casos en que el propietario no conoce la porción que aprovecha y cultiva el arrendatario. Esto sucede frecuentemente con los terrenos *temporales* (que no tienen más riego que el de la lluvia) situados en las faldas ó en las cimas de los cerros, y destinables á los llamados "cultivos de puna", como el de las patatas, lisas, trigo, habas, quínua, cebada etc.

Un ejemplo práctico de este caso es lo que ocurre en el distrito de Ollantaytambo, en una hacienda cuyo propietario-residente en esta ciudad-tiene arrendados todos los terrenos temporales de su hacienda á un grupo de más de setenta indígenas, cada uno de los cuales paga un arriendo que varía con la extensión que cultiva, desde diez hasta trescientos soles anuales, sin que el propietario sepa de una manera precisa, cuanto posee cada arrendatario, ni si los diversos tipos de arrendamiento que percibe son proporcionales. Esto se explica tanto porque dicha hacienda y muchas del Departamento, abarcan vastísimas extensiones, como porque lo accidentado, agreste y apartado de dichas regiones han hecho que ni siquiera se haya intentado medirlas.

Los terrenos relativamente escasos que se hallan en los fondos de los valles i quebradas, en los que la población es más densa, han sido medidos i se arriendan á tanto por topo al año. Esos terrenos son de regadío i se destinan al cultivo de maíz, coca, café cacao, caña de azúcar, etc. según lo permiten el clima i la altura de cada lugar.



He dicho que el arrendamiento única y exclusivamente por dinero, a individuos pertenecientes a esa clase social que está dispuesta a trabajar la tierra por sí misma, es raro, excepcional. Esta rareza se explica por múltiples y complejas razones. Si nó la totalidad una gran mayoría de los propietarios son personas (de mediana o elevada posición social) que no quieren o no pueden cultivar la tierra por sí mismas. Como muy acertadamente observa el notable sociólogo Edward Ross en un artículo titulado "Al Sur de Panamá" que publicó después de su viaje de estudio por Sud América (1913). "Los aristócratas coloniales, nunca trabajan por sí: todo el trabajo material lo delegan en los otros". Por nuestra parte, sabemos bien quienes son esos "otros" y no es necesario que lo diga. Continúa el doctor Ross: "Los terratenientes son meros parásitos de la agricultura que absorben todos los provechos que rinde, pero no procuran nada en beneficio de ella, ni con capitales, ni con inteligencia. Y finalmente añade: "El aristócrata ocioso obliga al verdadero agricultor a trabajar por él". Aunque un tanto severos, los juicios contenidos en estas observaciones son, genéricamente hablando, verdaderos.

El caso es que dichos propietarios no queriendo o estando en la imposibilidad de cultivar por sí mismos sus haciendas, para hacerlas producir exigen, en casi todas sus relaciones económicas con los indios, como condición que deben cumplir estos, el trabajo. Por otra parte, los indígenas propietarios de tierras son pocos, o lo que es más exacto, las tierras que poseen como propietarios son insuficientes y sus productos no bastan para la satisfacción de todas sus necesidades. Ello se debe a que en mil diversas formas, que no es necesario enumerar, han sido desposeídos de una gran parte de las tierras comunales que se les adjudicó en diversas épocas. (Decretos de 8 de abril de 1824 i 27 de marzo de 1828). Si hubiese sido conocida la extensión total de esas propiedades, hoy sería fácil comprobar que lo

que actualmente poseen es mucho menos de la mitad. Lo lamentable es que continúa esa expropiación por causa de utilidad particular. Es sabido cómo, mediante la compra de los terrenos pertenecientes a las comunidades indígenas, se forman haciendas, o se acrecienta la extensión de las ya existentes, convirtiéndose por este medio, los que antes eran señores i propietarios de tierras en simples arrendatarios, i lo que es más, en súbditos obligados a rendir vasallaje al nuevo propietario o hacendado. (Quizás sería conveniente detener ese movimiento, prohibiendo que las tierras de que son propietarios los indígenas sean vendidas a individuos extraños al grupo comunal o **aillo**). (1)

La concurrencia de estos dos hechos, por una parte el que los propietarios prefieren siempre delegar todo el trabajo material a los indígenas, y por otra, el que éstos últimos no pudiendo satisfacer todas sus necesidades con sólo el producto de sus tierras no tienen otra cosa que ofrecer, en cambio de lo que les es indispensable, sino su trabajo, hace pues que el arrendamiento exclusivamente por dinero a los colonos o indígenas que viven en las haciendas sea raro, excepcional, y, por el contrario, sean frecuentes los casos en que en una u otra forma, se les exija la prestación de servicios personales en pago, por lo menos, de una parte del arriendo.

La tasa de arrendamiento es muy diversa en cada una de las provincias del Departamento i en su fijación es notable la influencia de la costumbre tanto que en muchos casos es distinta de la que determinarían los factores puramente económicos. De ese modo un topo de terreno que por su rentabilidad debería tener tal o cual tasa de arrendamiento anual, prácticamente se da por otra diferente, en virtud del uso. O mejor dicho las tasas de arrendamiento establecidas por la costumbre

---

(1) Revista Universitaria. Segunda época. Primer semestre, 1932. Pág. 137.

no siempre corresponden a las que deberían tener los mismos terrenos por su productividad. Esta acción conservadora de la costumbre es benéfica únicamente en el arrendamiento por dinero, porque en las demás formas del arrendamiento, sirve para mantener—con muy pocas atenuaciones—todavía los sistemas coloniales de explotación, que dejaban a los indígenas en la miseria, apenas con lo indispensable para vivir. Proviene tanto del interés de los propietarios a quienes cualquier cambio les afectaría, como del manifiesto conservadorismo de la raza indígena a la que no sin propiedad se la llama misoneista.

Las variaciones de la tasa de arrendamiento son reducibles a todas las que pueden tener lugar de uno a veinte soles anuales por topo de terreno, lo que nos da una tasa media de soles 10.50. Efectivamente, los terrenos cuyas tasas fluctúan al rededor de esta media son los más abundantes i viciversa, son tanto más raros los terrenos de tal o cual canon anual cuanto más se aparta éste de la media señalada, para cuya mejor interpretación creo indispensable explicar la manera cómo la he obtenido. Sólo he tenido en cuenta las variaciones de la tasa de arrendamiento que pueden expresarse en soles cabales, prescindiendo de aquellas otras que corresponden a tantos soles y fracción. De este modo: de 1, de 2, de 5, etc., de 20 soles anuales por topo. He supuesto también como uno todos los terrenos correspondientes a cada graduación de la escala de las tasas de arrendamiento, la que hace una suma total de 210 soles, que divididos entre 20—que es el número de datos tenidos en cuenta—dan un cociente de 10'50. Conviene observar que los terrenos cuya tasa de arrendamiento es más baja que la media señalada son más abundantes que aquellos cuyo canon anual es superior. Esta circunstancia hace que en realidad la media objetiva sea inferior a la que yo he determinado, aunque no en mucho.



Existen tasas de arrendamiento inferiores al mínimo de un sol de la escala establecida (en Acomayo, Paucartambo, Chumbivilcas) pero no las he tenido en cuenta tanto porque corresponden a terrenos pastales (incultos) que si bien son de cultivo agrícola en sentido lato i amplio—no forman parte del objeto de mi tesis, como porque en esos casos no se conoce las dimensiones de dichos terrenos i por consiguiente es muy difícil determinar su renta i su tasa de arrendamiento por unidad de extensión.

Hay también terrenos, como algunos de los suburbios de esta ciudad, que se arriendan por cantidades muy superiores al máximo de 20 soles de la escala; pero tampoco estos casos he tenido en cuenta, por muchas razones. Una de las causas que contribuye eficazmente a elevar tanto i tan excepcionalmente el valor, la renta i la tasa de arrendamiento de los terrenos situados dentro o en los alrededores de esta ciudad (i en general de otras poblaciones) es que son deseados para fines urbanos, como construcciones de edificios, establecimientos públicos i particulares, apertura de calles o avenidas, etc. Además, la elevación de la tasa de arrendamiento por encima del máximo señalado, se debe a que han sido mejorados los terrenos con diversas construcciones, como cercos, puertas, zanjas, case-tas para cuidantes, canales de riego, etc., i una considerable parte de sus rentas globales, representa el interés i la amortización del capital invertido.

Muy justificadamente, pues, he prescindido de esos casos excepcionales al determinar la tasa media de arrendamiento, porque ésta, por una parte hubiera sido desnaturalizada, y por otra, elevada indebidamente.

En cuanto a la situación, los más productivos en orden a este factor, son que se hallan próximos a los centros poblados o plazas de consumo de sus productos, o en las inmediaciones de las principales vías férreas. Aquellos cuyo arriendo anual es inferior, igual

o no excede en mucho a la media establecida, se encuentran en todas las provincias del Departamento. Los que corresponden a las más altas tasas de la escala son raros. Se arriendan por ejemplo por doce a veinte soles anuales por topo los terrenos de Huailabamba y Urquillos del valle de Urubamba, cuya gran fertilidad es bastante conocida, especialmente para el cultivo de maíz: de 8 fanegas por topo o lo que es lo mismo, de 16'46 litros por área. Los terrenos de los valles de La Convención y Lares tienen una fertilidad igual o superior (para otra clase de productos) sin embargo se arriendan por mucho menos, porque tienen una situación apartada, casi aislada, tienen poca población, y hay poca demanda de tierras y principalmente por la dificultad de trasportar sus productos por los pésimos caminos que comunican dichos valles con las demás provincias en las que se consumen dichos productos.

Quise hacer la más completa enumeración de los terrenos de las diferentes provincias en orden de sus productividades para cada clase de cultivo, teniendo en cuenta sus fertilidades y sus situaciones respectivas. Un sólo obstáculo ha sido suficiente para hacerme desistir de mi propósito. Ninguno de los agricultores (ni los propietarios, ni mucho menos los arrendatarios) puede dar razón de la productividad de los terrenos que cultiva, siquiera sea en un solo año. Lo más que podrían decirnos es que tal año cosecharon más o menos tanto de tal o cual producto. Si les preguntamos cuál ha sido el producto neto, cuánta extensión de terreno emplearon, cuál fué el costo de producción, etc., no podrían respondernos satisfactoriamente, y los datos que nos suministrasen serían calculados más o menos arbitrariamente. Desde este punto de vista, pues, la agricultura del Departamento está completamente atrasada, por la falta de una contabilidad estadístico-administrativa. Otro tanto puede decirse en lo que se refiere a los sistemas de cultivo, muchos de los cuales son todavía los implantados por los conquistadores, y otros

actualmente implantados, se remontan en sus orígenes a períodos prehistóricos.

Las ventajas del arrendamiento por dinero pueden reducirse a las siguientes: Por una parte permite apreciar mejor la rentabilidad de los terrenos y por tanto hacer más equitativo el arriendo para toda clase de arrendatarios; por otra, cuando estos son indígenas, la muy rara, y por lo mismo tanto más valiosa relativa independencia que conservan respecto de los patronos o hacendados.

La tasa de arrendamiento nominalmente es superior a las que se paga en trabajo o en frutos; pero en realidad es inferior a ellas, porque no absorbe toda la renta económica de los terrenos arrendados, lo que constantemente ocurre en aquellos casos, como se verá más adelante.

## II.—ARRENDAMIENTO POR TRABAJO

El arrendamiento en que el canon conductivo es abonado en servicios es muy frecuente, debido a las mismas causas que hacen que el arrendamiento por dinero sea raro. Ofrece muchas modificaciones provenientes ya de la extensión del terreno, ya de la manera como se paga su precio de uso.

Por lo que se refiere a la extensión de los terrenos, son concedidos por topos, por "arriendos" o por extensiones indeterminadas. El canon por consiguiente varía simultáneamente y es tanto por topo, por arriendo o por extensión indeterminada, como ya expuse al ocuparme del arrendamiento por dinero.

En cuanto al pago del canon conductivo he podido distinguir cuatro maneras diferentes. Suele estipularse: 1º por indeterminado número de días de trabajo, sin tener en cuenta el salario; 2º por determinado número de días de trabajo, sin tener en cuenta el salario; 3º por tantos soles al año abonables en trabajo, con el jornal



corriente; y 4<sup>o</sup> id., con un jornal o salario convencional.

Para dar idea más exacta de estas diversificaciones, citaré algunos casos particulares.

En el distrito de Quillabamba, provincia de La Convención, el arrendatario hace uso de la extensión de terreno que le es posible, según su capacidad económica. Debe por esto al propietario semanas alternativas de trabajo, durante todo el año, es decir, más o menos 18 semanas, sin más deducciones que las de los días feriados, y los que por diversas causas son inaprovechables para el trabajo. Lo que tiene de particular este caso es que, no se fija previamente la tasa de arrendamiento, ni se hace el ajuste del trabajo hecho en pago. Es pues un cambio del uso de la tierra con medio año de trabajo, sin más que las deducciones indicadas. Esta indeterminación de los datos impide el emitir juicios categóricos en pró o en contra. En la experiencia, muchas veces el propietario mismo no sabe si un arrendamiento es o no justo, y los arrendatarios ignoran casi siempre la relación que hay entre lo que dan y lo que reciben. Pero desde el punto de vista del relativismo hay una compensación entre los valores cambiados, porque las partes quedan satisfechas y consideran equitativo; aunque desde el punto de vista económico, no lo sea.

No será demás añadir que en aquella provincia, el primordial fin del arrendamiento para los hacendados, es proporcionarse trabajadores, que de otro modo es muy difícil conseguirlos.

En la provincia de Paucartambo, el propietario concede el uso de los terrenos a un grupo de indígenas, con la condición de que hagan todo el trabajo que requiere el cultivo de los terrenos de la hacienda, que se ha reservado el dueño o patrón. Generalmente trabajan tres días alternativos por semana durante todo el año. Tienen además, los arrendatarios o *yanaconas* como se les llama en esta provincia, la obligación de

acarrear en sus propias bestias la cosecha del hacendado a esta ciudad, sin remuneración; y la de servir de *pongos* en la hacienda misma y más comunmente en el Cuzco, donde preferentemente residen los propietarios. El servicio de *pongos* lo prestan turnándose por semanas o meses, con o sin remuneración: ello depende de la extensión del terreno que aprovechan, como del número de arrendatarios y la bondad de los patrones. Hay fundos tan vastos y dilatados que contienen entre sus linderos hasta una decena de parcialidades o pueblecitos de indígenas, cuyos individuos, si bien poseen comunalmente algunas tierras, viven en gran parte como arrendatarios de las haciendas circundantes, o más próximas. Una de estas propiedades contiene entre sus linderos siete *ayllus*, compuestos de 20 a 70 familias cada uno. La referida hacienda proporciona simultánea y constantemente 14 *pongos*, distribuidos en el servicio de varias familias de nuestra sociedad.

Los terrenos no se dividen por igual entre los arrendatarios, sino que cada uno aprovecha lo que puede (y es lo que se llama su *mañay*) sin que las condiciones varíen sea que cultive más o menos. Las personas que me han informado aseguran, que nunca llegan a cultivar toda la extensión de terreno que se les concede, porque estos son de grandes dimensiones, y tanto que cada arrendatario posee cinco o seis secciones o "suertes", como acostumbran decir, de las que cada año cultivan una sola; dejando las demás, incultas, hasta que al cabo de tres o cuatro años de descanso les llega el turno de ser cultivadas. Esta circunstancia da una idea de la naturaleza de los terrenos arrendados, aprovechables una sola vez por trienio o cuatrienio y cuyo cultivo implica cada vez un nuevo trabajo de roturación.

Las mujeres viudas o ancianas que son arrendatarias, estando en la imposibilidad de pagar la parte que les corresponde en trabajo—rudo de laboreo de tierras—lo hacen suministrando un trabajador o prestando

sus servicios en la hacienda, (con el nombre de *mittanes*) turnándose unas con otras.

Cosa igual ocurre en Chumbivilcas. Los arrendatarios cultivan la extensión que pueden, debiendo en cambio trabajar para el patrón, cuantas veces lo exija. Esta forma de arrendamiento puede simplificarse así: el propietario propone al arrendatario: utiliza la extensión de terreno que *puedas*, con la condición de trabajar en mi provecho siempre que yo lo *necesite*. Los términos opuestos y de cuya relación depende la equidad del arrendamiento, son: la capacidad o actividad económica del arrendatario y la suma de las ocasiones en que el propietario necesite del trabajo del arrendatario. Si esa relación es de equivalencia, es decir, si lo que da el uno es igual a lo que recibe el otro, entonces el arriendo es justo; pero roto ese equilibrio, ya no lo es. En el terreno de los hechos es difícil el decir si se consigue o no esa equivalencia, quien resulta favorecido o dañado.

Los ejemplos citados necesitan ciertas aclaraciones y sugieren además algunas observaciones.

A primera vista estas formas de arriendo parecen muy ventajosas para los arrendatarios, porque estos quedan facultados para cultivar toda la extensión que puedan. Pero fijándose en la calidad de los terrenos, en la capacidad de los arrendatarios, ese modo de parecer se desvanece y da lugar a una visión más exacta de la realidad. En efecto, los terrenos que con apariencias de tanta liberalidad se conceden en grandes e indeterminadas extensiones son los llamados de puna, poco fértiles y mal situados. La parte provechosamente cultivable y que efectivamente laboran los arrendatarios, es mínima; el resto, es decir la mayor parte, lo más que produce es paja brava. El propietario es natural que reserve para sí los terrenos superiores, económicamente hablando.

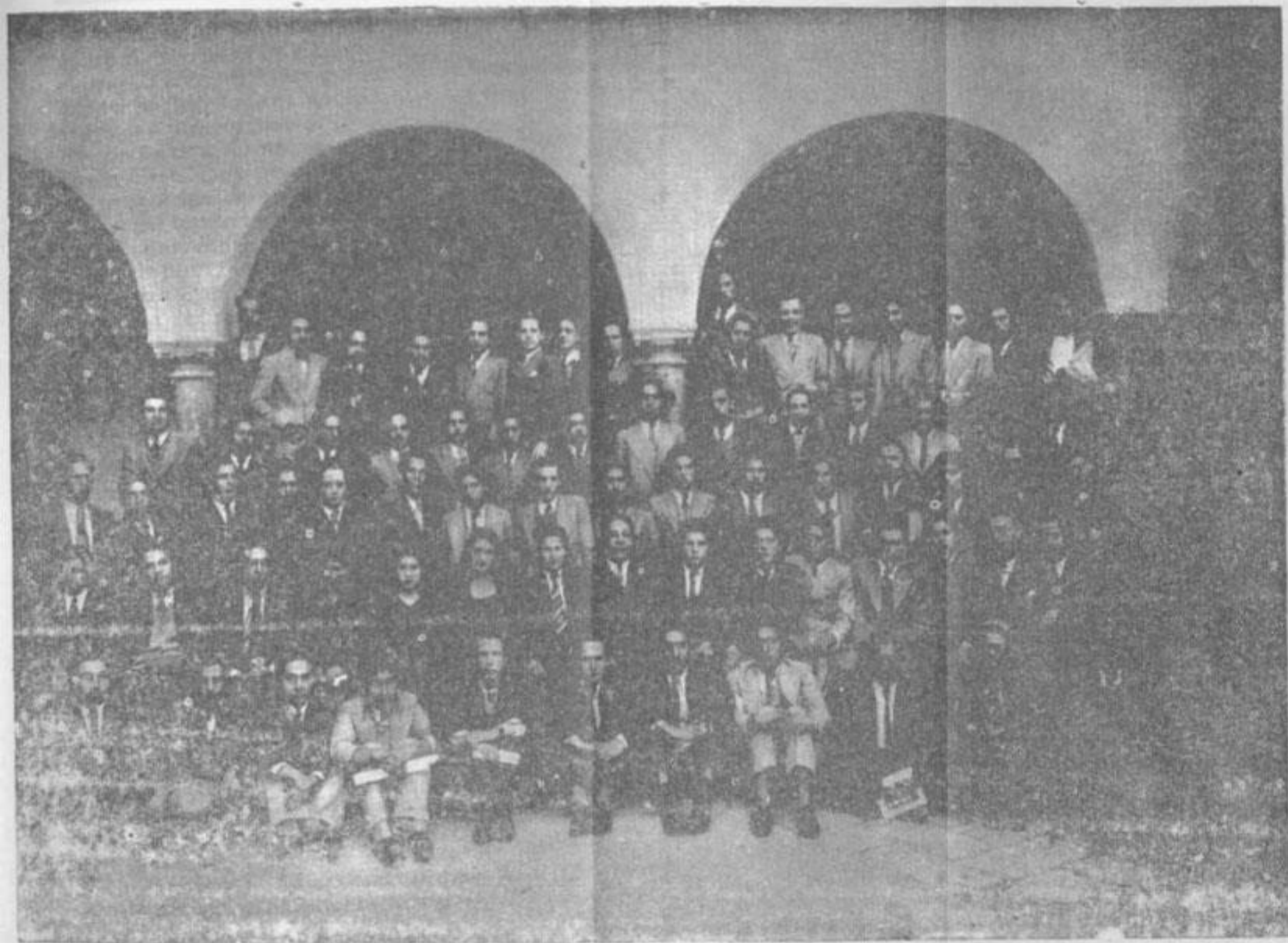
Por lo que se refiere al tiempo, la mayor parte y los mejores días del año para el cultivo, los arrendatarios



trabajan, obligatoriamente, para el patrón quedándoles para sí, el resto, es decir, los días feriados o lluviosos, o menos oportunos para cada clase de cultivo, en los que deja de emplearlos el propietario. Si a ello añadimos que los sistemas de cultivo empleados por los indígenas son de los más primitivos y rudimentarios, quedará explicado por qué obtienen utilidades ínfimas de los terrenos que toman en arrendamiento. Y si a pesar de eso consideran equitativo el arriendo, y hasta ventajoso, es porque estiman muy poco su trabajo, y se contentan con obtener lo indispensable para la subsistencia de sus familias, que, por otra parte, necesitan bien poco, merced a la rusticidad de sus costumbres, y al estoicismo con que sobrellevan todo género de privaciones.

Quizás podrían citarse algunos casos excepcionales, en que los arrendatarios ocupan situaciones desahogadas, pero sobre ser excepcionales, tienen otra explicación. Tal ocurre con los que poseen rebaños numerosos de ganado, en que una gran parte de la renta corresponde al capital (rebaño); el que a su vez implica quizás varias generaciones que sufrieron privaciones, que economizaron torturando sus estómagos, y lucharon contra el gamonalismo.

El segundo caso del arrendamiento por trabajo ó sea aquél en que la concesión del uso de la tierra se hace por determinado número de días de trabajo sin tener en cuenta el salario, es raro. Conozco uno sólo. En la provincia de La Convención, distrito de Echarate, ciertos arrendatarios poseen pequeñas extensiones de terreno por cuyo uso trabajan para el propietario, doce días cada año, sin remuneración. Se diferencia de la forma descrita antes, en que desde un principio se conoce el número de días que el arrendatario debe trabajar para el patrón, y su obligación no vá más allá. En tanto que en los casos anteriores, el número de días de trabajo obligatorio es desconocido al principio, y sólo es determinable al fin de cada año.



ALUMNOS DE LA FACULTAD DE LETRAS.

Además, en esta segunda forma, cualquier exceso sobre el determinado número de días, es abonado por el propietario; mientras que en las formas primero descritas, no hay lugar á exceso, ni se ajustan los días de trabajo á ningún precio.

La tercera forma peculiar del arrendamiento por trabajo está muy generalizada, y es conocida en todas las provincias del Departamento. Consiste en la concesión del terreno por topes y por la tasa corriente en cada lugar, con la condición de que será abonada en servicios por el jornal corriente. Darán mejor idea los siguientes ejemplos.

En la provincia de Quispicanchi, distrito de Oropesa, terrenos en regadío (maizales) se arrienda por cinco a diez soles anuales por tope, abonables en trabajo con el jornal corriente de S/. 0.25 diarios, ó sean 20 á 40 días de trabajo.

En la provincia de Urubamba, distrito de Huayllabamba, cada tope se arrienda por diez á veinte soles anuales, abonables también en trabajo, con el jornal corriente de S/. 0.30 diarios, ó sean 33 á 66 días de trabajo anuales.

En el distrito de Ollantaytambo de la misma provincia, cada tope se arrienda por cuatro soles al año ó sean 16 días de trabajo, con el jornal de S/. 0.25 diarios.

Y así podría seguir citando muchos más casos particulares, que no servirían sino para mostrar las variaciones de la tasa de arrendamiento y del salario. Lo que tienen de común todos ellos es que la tierra se concede por extensiones medidas, y el arrendamiento se paga con servicios apreciados.

El terreno es generalmente de quebrada y de regadío, bien situado y fértil y por tanto, más productivo, (sin igualar á la productividad de los que se ha reservado el patrón). El arriendo se hace á un sólo arrendatario y por extensiones que varían de 1 á 5 topes.



El canon es siempre un poco inferior al que se pagaría en dinero y se vá amortizando en las diversas épocas de cultivo (labranza, siembra, cosecha.)

La forma del contrato es verbal y lo más que hacen los hacendados es llevar una cuenta de lo que debe dar cada arrendatario por las tierras que ocupa y de los días en que ha concurrido á los trabajos de la hacienda. Al fin del año se hace la liquidación y si resulta que el arrendatario ha trabajado más días de los que estaba obligado, se le abonan los días de exceso con el salario acostumbrado. Si al contrario, todos los servicios prestados por el arrendatario no alcanzan á cubrir el arriendo, es reintegrado en dinero, y más generalmente en servicios.

La prestación de servicios por los arrendatarios en pago del arriendo, es una obligación que tiene fuertes sanciones, como las de no permitirle recoger los productos, retener una parte de estos ó dar el terreno á otro, etc., si por su desgracia el arrendatario se niega sin justa causa—á juicio del propietario—á concurrir á los trabajos.

Otro modo especial del arrendamiento por trabajo es el siguiente, en que el arriendo se paga en servicios con un salario convencional, inferior al corriente ó acostumbrado en cada lugar.

En la provincia de La Convención, en el distrito de Echarate, el arriendo se hace por cuatro ó más—hasta diez—días de trabajo al mes; con un salario de 40 centavos que se deduce del canon y que es inferior en un 20 % al salario corriente. Los arrendatarios ó “arrendires” están obligados además á concurrir á las llamadas *faenas* que hacen todos ellos reunidos hasta cinco veces al año, en beneficio del patrón y gratuitamente. Igualmente es una de sus obligaciones suministrar durante las épocas convenientes—más ó menos cuatro veces al año—desde una hasta cinco (según la extensión del arriendo) “*palladoras*” ó recojedoras de hojas de coca, que son remuneradas con un jornal de 20 centa-

vos diarios. Las demás palladoras, que no son las suministradas por los arrendatarios, ganan su salario á destajo. Un dato que se me ha suministrado con interés manifiesto, es que los arrendatarios disponen libremente del producto de sus cultivos, dato que induce á creer que no ocurre lo mismo en todas las haciendas de aquella provincia ó que no ha sido siempre así. Para conseguir una idea más aproximada de las demás condiciones de esta forma del arrendamiento es bueno tener en cuenta que los "arriendos" están compuestos en su mayor parte de terrenos montañosos, cuya roturación y cultivo son muy costosos. La misma feracidad del clima y del suelo exigen una continua labor de deshierbe; por otra parte; no son aprovechables sino para el cultivo de yucas y camotes, que consumen durante el año el colono arrendatario y su familia. Hay que tener en cuenta todavía los muchos y efectivos peligros a que se exponen los que viajan por los malos caminos que conducen á la provincia. Todas estas circunstancias contribuyen eficazmente á disminuir y encarecer el tráfico de sus productos. Esta es una de las causas por qué los arrendatarios se ven muchas veces obligados á vender sus cosechas al patrón, que tiene menos dificultades para traerlas hasta el Cuzco, que es su principal mercado. Tenidas, pues, en cuanto todas esas circunstancias se vé que por muy grandes que sean las extenciones poseidas por los arrendatarios, no lo son, en ningún modo, las utilidades que obtienen.

El arrendamiento por trabajo tiene el inconveniente de poner al arrendatario en completa dependencia del propietario; dependencia que implica algunas veces el abuso y la explotación por parte de este último, y que siempre se traduce en un constante señorío. Por otra parte, la tasa de arrendamiento por trabajo es sólo nominalmente inferior á la que se pagaría en dinero y en realidad sólo es tan baja como la tasa corriente, como se verá mejor con el siguiente ejemplo. Supongamos que en determinado lugar la tasa que se

acostumbra pagar por cierta clase de terreno es de seis soles anuales por topo. En ese caso el propietario pedirá por el arriendo de esos terrenos ocho ó nueve soles anuales por topo, en dinero, y seis ó siete cuando ha de ser abonado en trabajo. En las provincias en que el principal fin del arrendamiento es proporcionarse trabajadores ó colonos, los propietarios exigen á los que quieren pagarles el arriendo en dinero, tasas muy superiores á la corriente, y luego hacen una aparente rebaja cuando el arrendatario consiente en abonar parte ó todo el canon en servicios. Pero, admitiendo que la tasa de arrendamiento abonable en trabajo sea efectivamente inferior á la que se pagaría en dinero, voy á mostrar que por medio de este sistema de arrendamiento, el propietario obtiene mayores utilidades que las que obtendría arrendando las mismas tierras por una tasa abonable en dinero y superior á la corriente, y que, por consiguiente, la relación entre lo que da y lo que recibe el arrendatario, es más desfavorable para éste.

Para ello, supongamos que una mitad de todas las tierras aprovechables de una hacienda las ha arrendado el propietario, y la otra mitad se ha reservado. Supongamos también que en un año de cultivo, de las tierras que se ha reservado ha obtenido el dueño un producto bruto de mil soles, y que, en virtud de una distribución ideal se han determinado las partes que corresponden á la tierra y al trabajo como factores de la producción, en la siguiente forma: Renta Económica de la tierra: 250 soles; Salario Económico del trabajo: 250 soles. Del mismo modo, admitamos que el producto bruto obtenido por los arrendatarios en el mismo año de cultivo es de ochocientos soles, producto cuya inferioridad se explica por la naturaleza de los terrenos y por tanto la menor eficacia del trabajo, y la baja del tipo de interés del capital invertido. Imaginemos también que proporcionalmente á la anterior distribución se han determinado las partes que corres-



ponden á la tierra y al trabajo en la siguiente forma: Renta Económica de la tierra: 200 soles; Salario Económico del trabajo: 200 soles. El cambio de prestaciones según una distribución económica debería ser el siguiente. El propietario debería percibir por todas sus tierras, incluyendo las arrendadas, una renta de soles 450 en aquél año. Los arrendatarios deberían percibir por todo su trabajo incluyendo el que hicieron en beneficio del propietario, un salario de 450 soles en el mismo año. En la práctica se hace la siguiente distribución. El propietario percibe todas las utilidades creadas por el trabajo de sus arrendatarios ó sea 250 soles, y no da en cambio sino la renta económica de los terrenos arrendados que es de 200 soles. Hay pues una diferencia de 50 soles en favor del propietario, que en último análisis proviene del señorío de sus tierras que le permite conseguir trabajo cuyo salario—coincida ó nó con el corriente—es siempre muy inferior al económico. Esto es lo que ocurre en la realidad, la que si pudiera ser comparada con el caso que hemos supuesto, resultaría aún menos equitativa.

Pero las apariencias son tan distintas que muchas veces el arrendatario cree obtener más utilidades que las que da en cambio. Porque no calcula la productividad de su trabajo y sólo se fija en que la tasa de arrendamiento que se le exige en servicios, es inferior a la que se acostumbra pagar en dinero. En el arrendamiento por dinero, por muy alta que sea la tasa nunca llega á absorber la renta económica de la tierra, y por tanto es siempre más baja que la que se paga en trabajo. Queda pues justificado lo que decía más antes acerca de que en el arrendamiento por servicios, la inferioridad de la tasa de arrendamiento es sólo aparente, y eso que en el caso supuesto, he tenido en cuenta, de todo el trabajo de los arrendatarios en provecho del propietario, únicamente los del cultivo agrícola, prescindiendo, intencionalmente de otras clases de servicios que están obligados á prestar, gratuitamente, ó con

ínfimas remuneraciones. Una de las pocas circunstancias que atenúan la desventajosa situación de los arrendatarios es que, los patrones hacen consistir su señorío—en parte—en cierta protección que ejercitan sobre ellos contra el abuso de los otros, y principalmente de los gamonales.

### III.—ARRENDAMIENTO POR FRUTOS; APARCERIA O COMPAÑIA (METAYAGE)

El arrendamiento en que la tasa es abonada con una parte de los frutos avaluados al precio de plaza ú otro cualquiera no existe. El único caso de cesión del uso de la tierra en cambio de una parte de los productos (la mitad) es el de la aparcería; ó como aquí se llama: "*compañía*", en la que ni se determina la tasa de arrendamiento, ni se ajusta á ningún precio la parte de la cosecha que se da en pago.

Hay diversas formas de compañías, pero todas ellas tienen un carácter común. Cuando un propietario cultiva directamente sus terrenos, éstos tienen para él un valor en uso; en el arrendamiento, el dueño cede el valor en uso de sus terrenos al arrendatario, en cambio de una remuneración, por tanto esas tierras tienen para él un valor en cambio. El sistema de que me ocupo; las tierras cultivadas en compañía tienen para el propietario un valor mixto ó doble: valor en uso y valor en cambio. Por tanto, *el sistema de las compañías no es una verdadera forma del arrendamiento, tomada esta palabra en su sentido estricto; pero es una forma de concesión del uso de la tierra en cambio de una remuneración que depende de los resultados de la producción, y por tanto puede decirse que es una forma de arrendamiento, tomada esta palabra en su sentido amplio.* Tiene, pues, de común con el arrendamiento el ser una concesión del uso de la tierra, y se diferencia en que el precio que se paga no es fijo y prede-

terminable, sino que depende de los resultados de la producción y varía tanto como ésta.

Citaré algunos casos particulares. En la provincia de Anta, por ejemplo, el propietario cede el uso de sus terrenos en las siguientes condiciones: el arrendatario pone de su parte el capital (semillas, abonos) y el trabajo necesario para que el cultivo se realice hasta sus últimos momentos (cosecha). Una vez concluido, el arrendatario, y el propietario se dividen por partes iguales todos los productos, es decir que cada uno de ellos recojen el 50% de la producción, sin que el propietario haya hecho otra cosa que ceder el uso de sus terrenos, sin abonarlos siquiera. Pero no es esto, todo, el aparcero está obligado á concurrir personalmente á los trabajos del propietario si bien con la remuneración acostumbrada de 25 centavos diarios.

A primera vista se comprende que todas las ventajas son para el dueño de las tierras. Primeramente, se evita la dificultad de conseguir trabajadores, porque sus colonos ó aparceros además de cederle la mitad de sus cosechas, están obligados á trabajar para él. Si calculáramos el valor de todo-productos y servicios—que el arrendatario da al propietario, veríamos que es una tasa de arriendo exageradamente subida. O si nó, véase: el precio de arrendamiento de una unidad de terreno es de ocho soles anuales y su producción es más ó menos de cuatro fanegas de maíz, que ajustadas al precio de diez soles, hacen un total de 40 soles. Según el sistema de las compañías, el arrendatario tiene que dar al propietario una mitad ó lo que es el mismo dos fanegas, que en el momento de la distribución hemos supuesto que importan 20 soles (10 cada una, el cual es un precio medio). Quiere decir, que el propietario en vez de percibir la tasa acostumbrada de ocho soles por cada unidad de terreno tiene una ganancia de doce soles por cada topo, lo que eleva la tasa en 150%, superando muchas veces la renta económica de los terrenos arrendados. Para mostrar más claramente la situa-



ción desventajosa del arrendatario, diré: que él pone más del 50% del costo total de la producción, y que en la distribución le corresponde sólo el 50% del producto bruto, sin deducción del costo. Esta pérdida por parte del arrendatario es una ganancia para el propietario. Esa desigualdad en la distribución hace que el arrendatario no tome el debido interés en el cultivo, disminuyéndose así la producción; explica, además, la suma pobreza de la clase social á que pertenecen los arrendatarios, y el desahogo económico de la de los propietarios.

En algunas secciones de la provincia de Urubamba, el dueño de la tierra, pone además una parte del capital (semilla); el arrendatario pone todo el trabajo y otra parte del capital (abonos, herramienta) y el producto se divide por mitades. Esta forma de compañía es menos injusta que la anterior porque la relación entre lo que da cada uno de los que intervienen en ella se aproxima á la equivalencia, pero no es todavía de igualdad. El arrendatario resulta siempre contribuyendo más á la producción y obteniendo relativamente menos en la distribución.

Más justa y equitativa es la siguiente forma de asociación ó compañía, acostumbrada sólo entre indígenas y llamada *huaqui*, que quiere decir compañerismo, liga, unión, cooperación mútua. Es una reminiscencia del antiguo comunismo de los Incas, que muestra cuanta sabiduría encerraban algunas de las costumbres de nuestros tan remotos antepasados, especialmente las concernientes á la agricultura. Se la encuentra todavía en algunas provincias del Departamento como en las de Paucartambo y Acomayo. Consiste en que el propietario pone de su parte la tierra y una mitad del trabajo; el arrendatario ó socio, la otra mitad del trabajo y la semilla, y la cosecha se divide por igual. El propietario y el arrendatario desde el punto de vista de su contribución en trabajo, es justo que perciban partes iguales de la producción. Pero el propietario

debe percibir en la distribución la parte correspondiente a la renta de sus tierras el arrendatario a su vez debe percibir otra parte por haber proporcionado la semilla. Ahora bien, si la renta es igual al valor de la semilla, la distribución por partes iguales del total de la producción, resulta de una justicia estricta, casi absoluta. I si no siempre hay esa compensación, las diferencias son mínimas. Esta es, pues, una forma de compañía en que las prestaciones se aproximan más a la equivalencia. Tiene además las siguientes ventajas: en primer lugar, es una verdadera forma de cooperación, porque el propietario y el arrendatario están estrechamente ligados en la obra de la producción en cuyos resultados están igualmente interesados. Esta comunidad de intereses hace que cada uno procura aumentar la producción, lo que redundará en beneficio particular de ellos, en primer lugar, y después en beneficio de la sociedad en general. La igualdad de prestaciones hace que esten unidos, los socios, por relaciones armónicas y amistosas, y no por tiránicas y depresivas. En verdad esas relaciones no son las de propietario y arrendatario, sino las de dos compañeros empeñados en una obra común y solidaria.

#### IV.—ARRENDAMIENTOS MIXTOS

Llamo así á las diversas formas de arrendamiento que resultan de las múltiples combinaciones de las anteriores. En el fondo pueden reducirse a cuatro principales: 1º arrendamiento por dinero y trabajo; 2º por dinero y frutos; 3º por trabajo y frutos; 4º por dinaro, trabajo y frutos. La proporción de cada uno de estos elementos y la circunstancia de sí son ó no apreciados etc., dan lugar á innumerables modalidades que constituyen otros tantos casos particulares, cada uno de los cuales puede ser juzgado individualmente, pero no todos, genéricamente. Por eso me limitaré á poner algunos ejemplos.

En la provincia de Calca los terrenos temporales—de puna, de sembrar patatas—se arriendan por trabajo y frutos en las siguientes condiciones: los arrendatarios (grupos de indígenas) cultivan para sí la extensión máxima que les es posible. Deben por esto al propietario: *pongoaje*, ó sea una semana de servicio, tantas veces al año cuantas les toque en turno con sus coarrendatarios. Así que el número de semana de servicio está en razón inversa del número de arrendatarios: cuanto más números sean éstos, más ventajosos resulta el arrendamiento para cada uno, porque tendrán que servir menor número de semanas. Además, cada arrendatario está obligado á cuatro semanas de trabajo por año, con un jornal de 20 centavos, que es la mitad del corriente de 40 centavos. Sus otras obligaciones son: ceder al dueño una parte de su cosecha—dos *cargas* de papas—; servir de vaqueros durante un año y por turno. Durante este tiempo están exentos de las demás obligaciones.

En Urubamba, terrenos de la misma naturaleza que los del ejemplo anterior, se arriendan por dinero, trabajo y frutos. Cada arrendatario ocupa cierta extensión (*mañay*) cuyo canon conductivo abona en la siguiente forma: proporcionando cierta cantidad de combustible (8 *cargas*) de leña, puestas en el (Cuzco); pagando ocho soles cuarenta centavos, parte en dinero y parte en lanas á razón de 16 soles el quintal, precio que es menos de la mitad del de plaza, que últimamente ha sido de 40 soles; sirviendo de pongos, turnándose por semanas con una remuneración total—por cada vez que les toque—de un sol veinte centavos que se deduce de los 8.40 soles; cultivando patatas para el hacendado á costa de éste último, pero sin remuneración por su trabajo; transportando al Cuzco la cosecha del propietario con un flote de 60 centavos por fanega de maíz. Los terrenos que ocupan los arrendatarios son vastos y dilatados y tienen pajonales en que pacen sus llamas.



El arrendamiento por dinero y trabajo es muy frecuente y se acostumbra en casi todas las provincias. Para dar un ejemplo, transcribo el siguiente documento: "Nº.....Hacienda "....." Recibí de D.....en trabajo la suma de siete soles veinte centavos á cuenta de arrendamientos de dos topos denominados.....cuyo importe total es de veinte soles. Urubamba 1º de octubre de 1916. El Administrador. Condiciones: El arrendatario se compromete a pagar la medianía del canon á fin de agosto y el resto antes del calcheo. Sin previa cancelación del canon no puede proceder al calcheo. El arrendatario se compromete además, á prestar servicio de jornal en la hacienda durante seis días consecutivos, cuatro veces al año, previo aviso anticipado de cuatro días, por el salario de costumbre de S/. 0.30 diarios. El arrendatario da dos faenas por topo. En caso de incumplimiento de cualquiera de las condiciones anteriores, el dueño queda autorizado á retener y disponer del terreno, sin abonar perjuicio alguno al arrendatario—Recibí cuatro faenas. El Administrador".

Los casos citados bastan para mostrar la suma complajidad de los arrendamientos mixtos y para concluir afirmando que sería muy difícil el determinar la renta económica de los terrenos arrendados y su relación con la renta contractual ó tasa de arrendamiento, aún para especialistas doctos, é imposible para quienes apenas nos hemos iniciado en el estudio de la Economía. I esto que digo es aplicable á todos los casos expuestos anteriormente.

## V.—SUBARRENDAMIENTOS

En los arrendamientos de haciendas de que hablo al principio, el arrendatario para proporcionarse trabajadores emplea el sistema de subarrendar por lotes una fracción de la hacienda, á pequeños agricultores dispuestos á labrar la tierra por si mismos. El subarren-

damiento puede tener todas las formas del arrendamiento y merecer los mismos juicios, según los casos.

Aunque el subarriendo improductivo *per se*, sin embargo su legitimidad está justificada por su existencia misma. Efectivamente, sirve para poner al alcance de quienes la necesitan, la tierra como factor de la producción, que de otro modo no habrían podido conseguirla. El subarrendador comercia pues con la renta, llena una necesidad social.

## CONCLUSION

De un modo genérico, todas las formas del arrendamiento están previstas por nuestro C. C. según se desprende de la definición contenida en el artículo 1540. Pero en el terreno práctico, las diversas formas descritas, si bien es cierto que son costumbres según ley, en caso de conflicto entre el arrendador y el locatario, la ley no es tenida en cuenta para nada y la justicia de la solución depende del propietario que es quien la hace, á su modo por su puesto. Es pues singularísima la situación de este hecho social que apesar de estar dentro de la ley, en la práctica se escapa de sus preceptos y se rige tan sólo por la voluntad de una de las partes; de la del propietario, que hace merced de las concesiones que le placen, y exige las obligaciones que son de su agrado. Este hecho se explica de diversas maneras. Como he insistido en el curso del presente estudio, los propietarios y los arrendatarios forman dos clases completamente diferentes. Si bien es cierto que sería difícil el señalar sus fronteras, no lo es el caracterizarlas. Los primeros son en su mayor parte mestizos y pocos blancos; los segundos son indios casi en su totalidad y pocos mestizos, que por su vida y costumbres pueden muy bien asimilarse á los indígenas; los propietarios no trabajan personalmente nunca, son meros tenedores de la tierra y rara vez asumen los trabajos de dirección; los otros poseen como pro-

pietarios muy escasas tierras y son quienes cultivan las superabundantes de los primeros, lo que muestra la importancia del indio como factor económico; los propietarios viven de la renta de sus tierras; los arrendatarios del salario de su trabajo, etc. En fin, los propietarios son señores de sus arrendatarios, casi con los mismos caracteres que en el Coloniaje, y queda dicho todo. No hay pues cuestiones de derecho entre unos y otros: todo se arregla por el patrón. ¿Cómo remediar esa situación arbitraria? El mal es social, y el remedio tendrá que ser social. Las formas de arrendamiento descritas son costumbres: es pues necesario desarraigadas. I para ello, no hace falta la acción legislativa, sino la introducción de nuevas costumbres inspiradas en más elevado espíritu de Justicia. Los llamados á realizar ese cambio son los propietarios, que disponen de medios eficaces. En el porvenir lejano, este hecho encontrará también su remedio, en el ingreso á una vida consciente superior de la hoy ignorante masa indígena, que aprenderá á estimar su trabajo, y conseguirá un aumento del salario.

En cuanto á la tasa de arrendamiento, la que se paga en dinero, por muy alta que parezca, nunca llega á absorber la renta económica de la tierra, es decir que el arrendatario, después de pagar la tasa de arriendo, obtiene todavía algunas utilidades, ó mejor dicho, que de todo el valor creado por la tierra (renta económica) pagado ó descontada la tasa de arrendamiento, queda todavía una parte en provecho del arrendatario. Lo contrario ocurre con las demás formas del arrendamiento, cuyas tasas son bajas aparentemente, pero en realidad superan á la tasa corriente—que se pagaría en dinero—y frecuentemente absorben no sólo la renta económica de los terrenos arrendados, sino que algunas veces, también una parte del salario ó del capital de los arrendatarios.

Una de las causas que contribuye á encarecer la tasa de arrendamiento, es la ineficacia de los sistemas de



cultivo. Las indígenas reducen al mínimun las operaciones del cultivo y así obtienen menores utilidades de las que podrían. "Se sabe tradicionalmente que el cultivo se hace de esta manera y que sería perjudicial hacerlo de tal otra; pero el agricultor no puede dar razón de su procedimiento: lo que aprendió de sus mayores lo conserva con religioso respeto y jamás se atreve á hacer un ensayo, por que su ignorancia le hace temer un mal resultado" "Para evitar tantos inconvenientes es necesario difundir los conocimientos agrícolas; crear comisiones de estudio". (García Calderón). En el Cuzco, sobre todo es indispensable la creación de una escuela agricultura ó siquiera de granjas modelos.

Otra circunstancia que encarece la tasa es la naturaleza de los terrenos. Los dados en arriendo á los indígenas son de segunda clase, tanto por su fertilidad como su situación. Estas circunstancias explican por qué los arrendatarios obtienen menores utilidades de las tierras que cultivan, y cómo en algunos casos sus cosechas apenas les remuneran su trabajo, y su capital y no obtienen renta de los terrenos que poseen, según la doctrina de Ricardo, tanto por lo reducido de sus cosechas como por que ellos son los que venden más barato por no poder esperar las épocas de alza.

FRANCISCO PONCE DE LEON.

**NOTA.**—Este estudio se publicó por acuerdo de la Facultad de Jurisprudencia en los números 21 i siguientes de la Revista Universitaria (primera época); pero como esa publicación, así fraccionada, no ha llenado su objeto, creemos útil reinsertarla, íntegramente, en el presente número.

---



## El problema del yanaconazgo en la República Peruana

### 1.—Levantamiento de planos de las propiedades rústicas

Deberá establecerse como condición primera, que todos los fundos que van a yanaconizarse tengan un plano parcelario y cuyos beneficios se traduzcan en dar trabajo a muchísimos profesionales en el levantamiento de dichos planos; le mostramos al agricultor las tierras que posee y que en muchos no conoce; la facilidad del levantamiento catastral de los valles de la costa del Perú a un bajo costo por unidad; hacemos las bases de la futura estadística agraria sobre la realidad; ayudamos al agricultor propietario, así como arrendatario, en la facilidad de transacciones con los bancos, condición primaria en toda operación y por fin damos al yanacona la confianza para con su patrón, que ve en él la buena fé en el trato por hacerse. No detallamos las ventajas de dichos levantamientos por ser de explicación auto-inductiva.

### 2.—Elemento campesino y autóctono de cada valle

Como en toda actividad de la vida, el individuo que ejerza una profesión o un oficio deberá conocerlo y en el caso que nos ocupa de yanacona, es sólo el campesino, que deberá trabajar la tierra. Igualmente es muy importante anotar que el campesino deberá ser

nativo del valle, que ha nacido y vivido dentro de las condiciones agrológicas y climatéricas propias. Bien sabemos el fracaso de los muchos que han querido cultivar la tierra, sin conocimiento de la materia; han perdido sus capitales y su tiempo y a la vez el Estado ha dejado de percibir la entrada de la mejor producción.

Desde que se inició el aumento del trabajo de la tierra por el sistema de yanaconas, se presenta un grave problema, cual es la infiltración del elemento extranjero que con capitales extranjeros no reporta gran utilidad al Estado y, en cambio, desplaza lentamente al elemento nacional, que en el futuro se verá circunscrito a los pueblos de los valles y a ser súbdito de este elemento extranjero. Sobre este particular creo del todo conveniente hacer extensivo el cumplimiento de la ley número 7505, que contempla el trabajo con un 80 por ciento de elemento nacional.

### 3.—Monto de arrendamiento

El punto principal del yanaconazgo en el Perú, es fijar un arrendamiento racional que esté de acuerdo con la producción máxima de la tierra, para simplificar el largo sistema de fijar este arrendamiento, pueden considerarse las tierras en dos categorías:

a) *Tierras de primera*.—Comprenden todas las tierras de la Costa, de buena calidad agrológica y con su dotación mínima de agua.

b) *Tierras de segunda*.—Comprenden las tierras de buena calidad y sin dotación mínima de agua o bien tierras con agua y de baja calidad agrológica.

Sobre esta base de clasificación, se fija el monto de arrendamiento en la siguiente escala:

a) Hasta treinta por ciento de la cantidad total cosechada para las tierras de primera;

b) Hasta veinticinco por ciento de la cantidad total cosechada para las tierras de segunda.



En esta forma tenemos un arrendamiento calculado sobre bases verdaderas, que puede ser extensivo para cualquier sementera. El punto principal sobre este particular, es aclarar cómo han de fijarse el 30 y el 25 por ciento, respectivamente, de la cantidad cosechada, porque bien comprendemos que todo yanacona que tenga una parcela de tierras y que la cultive insuficientemente la producción será baja y que el 30 por ciento que va a recaudar el agricultor le representa pérdida. Aprovechando de los planos catastrales que se pueden haber obtenido con la ayuda de los planos parcelarios y de la estadística de producción de las tierras de la Costa en las diferentes situaciones, podrá la Dirección de Agricultura establecer los verdaderos planos agrológicos de la Costa del Perú.

Las ventajas que nos reporta este estudio son grandes tanto para el agricultor como para el Estado, quienes podrán ver sobre la realidad, la mejor forma de mejorar aquellas que hayan sido clasificadas en la segunda categoría, sea aumentando su dotación de agua, o bien mejorando su calidad agrológica hasta lo posible con el mejor abonamiento, roturación, etc., y así en corto plazo se habrá aumentado la producción total de los productos exportables con beneficio directo para ambas partes.

#### 4.—Contratos.—Intervención del Estado.

##### Plazo de arriendo

Bien conocemos que en el Perú, propio de la herencia hidalga española, se ha acostumbrado el contrato de palabra, basado en la buena fe de ambos. Con el correr de los tiempos y la decadencia progresiva de la palabra de los hombres, se impone la celebración de contratos, que salven los intereses tanto de los propietarios, arrendatarios y trabajadores de la tierra.

En mi concepto, es necesaria la intervención del Estado, que en forma muy simple puede solucionar los

graves problemas que sobre el yanaconazgo se suscitan.

Deberá formularse un "contrato Standard" en donde se especifique la calidad de la tierra y el producto base del arriendo. La Dirección Nacional de Agricultura, subsidiaria del Ministerio de Fomento, deberá tener una sección que podremos llamar "*Tribunal Arbitral Agrario*". Los contratos se expedirían en tres copias: una para el propietario o arrendatario, otra para el yanacona y otra que quedará en la Dirección de Agricultura, en la sección que hemos imaginado. En esta forma se comienza a hacer una estadística de todos los yanaconas que trabajan en la Costa del Perú y donde será posible eliminar Federaciones y Sindicatos, que en la mayoría de los casos no son sino conglomerados de individuos audaces que explotan la sencillez del campesino.

En la actualidad los contratos están regidos por las leyes de orden civil y el procedimiento necesariamente tiene que ajustarse al orden establecido; este procedimiento es moroso, por cuanto los términos, las pruebas y las excepciones hacen que se dilaten dichos procedimientos y el agricultor que quiera desahuciar a un yanacona que no ha cumplido con su contrato si existe o que ha dejado de pagar dos plazos y quince días, término para iniciar esta acción de desahucio, se ve obligado a demorarse mientras se tramita el juicio un tiempo no menor de un año, tiempo en el cual se ha podido sacar producto de la tierra, lo cual ha sido impedido por el yanacon que se ha empeñado contra el propietario y le causa a este serio perjuicio.

El agricultor inicia esta acción y durante la tramitación de ella se ve hostilizado por el yanacona que ocupa la parcela de tierra arrendada y en lo moral, por los malos consejos y ejemplo que da a los demás yanaconas para que no cumplan debidamente con el propietario hacen que éste, aprovechando esa situación que le crea el capital que posee y el mismo derecho

de ser propietario, acuda a la fuerza pública y amparado por ella despoje al yanacona, invadiendo la jurisdicción judicial y causando en esta forma el despojo al yanacona lo que da origen a un juicio de despojo, que produce más pérdida al propietario, y que lo predispone a no subdividir sus tierras para arrendarla al campesino formal.

Por lo expuesto se ve claramente, que para liquidar un contrato de arrendamiento con un yanacona, se necesita perder un año de cosecha, además de todos los perjuicios resultantes del abandono de las tierras en este tiempo y del capital que se necesitaría para ponerlos en nueva producción.

La creación del Tribunal Arbitral Agrícola que podría estar formado por Técnicos agrícolas y letrados, aplicaría una legislación agrícola especial, que indique la sustantividad de las relaciones contractuales entre los yanaconas y patrones, que sería una parte de la legislación agraria, propia de un país agrario como es el Perú.

Para el juzgamiento de los que infrinjan esta ley sustantiva deberá establecerse un procedimiento sumario que decida el litigio y deje al propietario libre para poder utilizar sus tierras, separando al yanacona moroso por medio del fallo expedido por este Tribunal. Por otra parte al yanacona que se ha comprometido a pagar el arrendamiento en una determinada sementera y que no ha cumplido con hacerlo, se le acordará el beneficio de tasar cualquiera otra sementera que tuviera en la parcela y de su producto hacerse pago el propietario y si existiera, saldo favorable entregarlo al yanacona.

Se presenta el caso de que el propietario en lugar de trabajar esta parcela, desee nuevamente arrendarla a otro yanacona y entonces el nuevo yanacona se haría cargo de la parcela arrendada, traspasando la sementera pendiente de cosechar, la que pagaría al propieta-



rio en el momento de la cosecha. El traspaso se haría íntegramente de acuerdo con la tasación del Tribunal Arbitral Agrario. En la cosecha de la sementera traspasada, tiene intervención el propietario, para evitar que merme el producto por circunstancias eventuales. Para terminar diremos que en la legislación de contrato con los yanacunas deberá variarse el artículo 1602 de la ley civil y se pondrá el plazo de un año agrícola, pues si a la terminación de este año el yanacuna no pagase, se le podrá desahuciar. El tiempo de dos plazos y quince días es muy amplio y perjudicial para quien sufre esta morosidad.

En cuanto el plazo de arrendamiento no deberá ser menor de tres años, pues en menor plazo, es imposible que el yanacuna pueda hacer un trabajo normal de la tierra, sabiendo que tendrá que entregarla y en donde no se le reconocerán mejoras efectuadas. No hacemos en este caso mención de las últimas leyes dadas sobre yanacunas, que van en perjuicio de los mismos, pues los propietarios o arrendatarios se ponen a cubierto de las consecuencias de estas leyes por ser contrarias a sus intereses.

No podrá dejar de reconocerse que con este registro de yanacunas obtenido de los contratos que posea el Ministerio, el agricultor tiene la mejor recomendación, al indagar sobre la moralidad de trabajo de un yanacuna cuyas fojas de servicios sean normales.

### 5.—Relación entre el propietario o arrendatario y el yanacuna

Como punto primordial el agricultor no deberá nunca explotar la diferencia intelectual que posee sobre sus yanacunas.

En los contratos debe especificarse, el caso del yanacuna que trabaja con capital propio y del yanacuna que trabaja habilitado. En el primer caso el yanacuna

tendrá la obligación de sembrar el 50 por ciento de la parcela arrendada con la sementera que va a pagar y en el segundo caso tendrá la obligación de sembrar el 75 por ciento de la tierra. El 25 por ciento de tierra restante podrá dedicarla a sementera diversa, que constituye el sustento del pequeño agricultor. Podemos adelantar la opinión de que habilitar totalmente a un yanacona es el mayor fracaso en el cual puede caer el agricultor, pues sólo se reduce a tener en la tierra o un peón de estimación, con la relativa libertad de acción del que nada posee y nada tiene que perder.

Otro caso corriente que se presenta es el de los habilitadores de los yanaconas. Todo arreglo de habilitación con un yanacona deberá ser hecho con la intervención del propietario o arrendatario quien permita el pago de dicha habilitación una vez satisfecho el arriendo, que le indica asimismo la explotación de que puede estar sujeto por los elevados intereses de aquellos inescrupulosos habilitadores. Toda habilitación al yanacona y a espaldas del propietario deberá considerarse nula, pues sucede a menudo que el yanacona saca los productos clandestinamente presionado por el habilitador y sin haber cumplido el compromiso de pago de arriendo al agricultor.

En cuanto a la moralidad en el trabajo, deberá ser extensivo para ambas partes, dándole al yanacona la confianza que no se le explota y en especial en la referente a pesos en los productos, en balanzas legales; es así necesaria la creación de un cuerpo de investigación de piezas y medidas en los fundos.

Para terminar debemos indicar en los contratos que los yanaconas que hayan satisfecho ampliamente sus obligaciones diversas, tengan libertad absoluta en la venta de los productos y que en este caso el agricultor o arrendatario tenga la preferencia de compra a igualdad de precio en la oferta y la demanda.

Este pequeño ensayo puede servir como pauta para la futura legislación agraria en lo que respecta al yanaconzgo en el Perú, en donde hemos contemplado las ventajas que puede reportar para propietarios, arrendatarios y subarrendatarios, evitando en el futuro los graves disturbios sociales que puedan crearse por la incomprensión y poca adaptación de leyes dadas fuera de la realidad nacional.

ING<sup>º</sup> FEDERICO URANGA.







## Análisis de un depósito encontrado en Ollantaytambo

(ESTÁ REGISTRADO EN EL MUSEO DEL INSTITUTO ARQUEOLÓGICO BAJO LOS NÚMEROS 5|760 Y 5|759.)

Llama la atención el hecho singular de que la vasija materia de este análisis presenta por su aspecto externo una forma contorneada igual, cuya factura corresponde a la de una vasija que ha sido construída por la mano del hombre y cuya superficie externa e interna ha sido finamente pulimentada por un cuerpo rodante, sin dejar arrugas ni levantamientos en su superficie.

Es de advertir que dicha vasija ha permanecido durante algunos centenares de años bajo la acción de una humedad constante y que ella tal vez ha influido para darle esa consistencia pétrea tan semejante al que adquieren las construcciones de cemento.

Antes de entrar en el estudio de la composición química de este depósito incaico como lo denomina su descubridor voy a hacer referencia a las partes principales que se relacionan con este análisis y de la manera como se ha descubierto la vasija en las ruinas de Ollantaytambo.

**"Segundo adoratorio.—Croquis No. 18"**

Próximo al gran adoratorio de *Incamisana* está el segundo tallado en la peña. Los desmontes que aquí se hicieron revelaron nuevas ruinas enterfadas. Debajo del adoratorio hay un estrecho recinto, que en su izquierda, centro y derecha tiene hornacinas en construcción. Parte de este recinto con dirección al este, un muro que está cerrando la entrada; se le ha despejado, pero continúa cerrado y no fué posible ponerlo al descubierto por estar avanzado en terrenos de cultivo. Delante de este recinto se encontró, a la entrada del pacillo de 0.80 centímetros a un metro veinte de profundidad, dentro de un estrato de tierra negra corriente:

5|760.—Un depósito incaico conteniendo en su interior barro amarillo.

5|759.—Un depósito incaico conteniendo en su interior barro amarillo.

Los depósitos fueron sacados en buen estado, con excepción del depósito 5|760 que se encontraba ya muy rajado y que al tiempo de ser encajonado se fragmentó.

El otro depósito 5|759 está íntegro. Sus dimensiones son:

Dm. en la boca 113 mm.

altura 53 mm.

La observación a primera vista denota que no es roca, tampoco es de la factura de los tiestos. Tiene más bien la apariencia de una composición artificial algo semejante al cemento.

Estos datos he tomado del informe que ha presentado a la Comisión del IV Centenario del Cuzco el señor Luis Llanos, director de las obras de excavación de Ollantaytambo; este mismo señor me ha proporcionado los fragmentos de la vasija del depósito N° 5|760.



Vasija que se encuentra actualmente en el  
Museo del Instituto Arqueológico  
bajo el N° 5|759 5|760



La muestra ofrece resistencia a la contusión como si se tratara de una roca y después de triturado y pasado por un tamiz, da un polvo de color plomo.

Es este polvo el que se va a utilizar para los siguientes análisis:

Determinación del carbonato de calcio y determinación de arcilla.

Elementos de estos dos componentes:

Silice

Alumina y Oxido de hierro

Cal y Magnesia

Sulfato y Sulfuros

Residuos.

Siguiendo el método que para estos casos se observa he encontrado las siguientes proporciones entre la arcilla y calcáreo:

74.97% de ARCILLA

25.03% de CALCAREO.

Además, en el conglomerado se ha determinado los siguientes componentes:

|                                         |        |
|-----------------------------------------|--------|
| SiO <sub>2</sub> .....                  | 57.75% |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....    | 17.21% |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....    | 4.41%  |
| CaO .....                               | 16.00% |
| MgO.....                                | 1.93%  |
| SO <sub>2</sub> y CO <sub>2</sub> ..... | 2.22%  |
| Residuos.....                           | 0.48%  |

De lo cual se deduce que la composición del depósito incaico corresponde al de una *marga arcillosa* según lo definen los autores Villavecchia y Paul Baud, por contener mayor proporción de arcilla.

Lo que ahora llama la atención y habría que preguntarse es si los incas habían llegado o estaban por llegar a descubrir la aplicación de las calizas para darle la consistencia a las mezclas.

Lo que sí queda demostrado es que ellos conocieron el calcáreo talvez por trituración directa de las estalactitas que se encuentran en las rocas y las que mezclaban con arcilla, sometiéndolas así a la acción de la calcinación.

Una vez más tenemos que admirar esa Raza que nos ha legado un filón inagotable de estudio e investigación.

Cuzco, 24 de diciembre de 1934.

L. HURTADO POVEA.





# La relatividad del crecimiento orgánico

La mayor o menor estatura que los organismos alcancen está subordinada a leyes mecánicas. La hormona de la hipófisis sólo es válida hasta un cierto límite, más allá del cual es imposible franquear sin contravenir las correlaciones mecánicas de nuestra estructura i el concepto de nuestra imagen del universo.

Galileo ya lo dijo: "Fácilmente se puede demostrar que ni el hombre, ni tampoco la naturaleza es capaz de aumentar sus obras más allá de un tamaño limitado". Vamos a probarlo de acuerdo con la lógica que trasciende de las interpretaciones de Nicolai, cuando aborda estos problemas. Las moléculas que integran un cuerpo tienen un tamaño límite, subordinado a la intensidad de la gravedad. Por lo tanto, los edificios moleculares, por muy grandes que nos parezcan, tienen un límite en su configuración, más allá del cual, comienza la desintegración. Si las pirámides, montañas, edificios, etc., pasaran de este límite, la presión enorme de su peso comprometería sus bases i el granito de éstas, con tantos kilómetros encima se haría comparable a la arcilla. Si se quiere elevar un cuerpo, tiene que aumentarse de grosor, o dicho más exactamente: las dimensiones de un cuerpo aumentan en razón del cubo de su peso i del cuadrado de su sección.



Esta ley de ingeniería, se cumple también en Biología: las células (integradas por moléculas) lógicamente tienen un límite de crecimiento, por encima del cual, comienzan ya a dividirse. Sucesivamente, los tejidos de sostén (huesos, madera de las plantas, quitina de los insectos), aumentan de grosor cuando aumenta la talla del individuo. He aquí la imposibilidad de la existencia de seres gigantes; pues, el arco de la columna vertebral tendría que sostener, a buena altura, todas las visceras, i al no poderlo hacer, se quebraría. La Paleontología nos muestra la gigantotania (muerte de gigantes) como una consecuencia de esta ley; puesto que, por otra parte, los huesos de los animales desaparecidos se hacían tan gruesos i macizos que les imposibilitaban la locomoción i por ende la vida, tal como todavía podemos comprobar en los animales que estan condenados a desaparecer: los elefantes. I al contrario, la columna vertebral es tanto más larga cuanto menor es su altura del suelo i así tenemos en gradación: al ratón, gato, perro, caballo, elefante.

La pequeñez de las aves es una consecuencia del medio en que viven: ellas utilizan con sus alas la resistencia del aire para elevarse i sostener su cuerpo, el mismo que crece al cubo, como la superficie de aquellas en razón del cuadrado. Según esto, el hombre necesitaría alas de 14 metros de envergadura i planos tan enormes que su fuerza muscular sería impotente para moverlos.

En los peces, se cumple también la ley: ellos tienen mayor peso i poca altura i la corriente del agua, además de facilitarles el movimiento, les hace perder una parte de su peso. Nos restarían los insectos: estos animales que existen desde el periodo cámbrico, no han podido crecer a causa de su difícil locomoción; el hombre i los cuadrúpedos, simultáneamente a los pasos que dan con sus extremidades, casi rígidas, llevan su cuerpo. Pero un zancudo por ejemplo, con sus seis u ocho palancas que se mueven independientemente del

cuerpo, no puede realizar lo mismo. Por esta locomoción trabajosa está cohibido de trasportar mucho peso de materia viva i es por esto, que su límite mecánico de crecimiento es pequeñísimo.

Revisando el mundo vegetal comprobamos idénticas circunstancias: los árboles son gigantes i corpulentos porque no tienen necesidad de caminar i trasportar su cuerpo i en todas las plantas se cumple el aumento de su peso en relación al cubo i el de su sección en relación al cuadrado; más allá de esta limitación, los árboles, arbustos o yerbas se inclinan obedeciendo a la gravedad.

Llegamos al hombre, ser que, por eminentemente pensante, debe poseer buena estatura para que su sustancia viva sea lo necesariamente abundante para nutrir, proteger i obedecer a un suficiente número de células nerviosas. Su talla está en relación con el peso mínimo de su cerebro, que lo coloca como al más inteligente de la escala. Por su parte, el crecimiento de su cerebro es función del número de células, éstas dependen del tamaño de las moléculas o sea de los átomos i electrones, i finalmente, el tamaño de éstos está condicionado por la fuerza gravitatoria.

I como sabemos que la fuerza gravitatoria depende del tamaño de nuestro planeta, podemos decir que cuanto más grande sea el globo, tanto más pequeño serán sus habitantes i viciversa. Según esto, en Júpiter por ejemplo, los hombres sólo tendrían una estatura de 69 centímetros con un peso de 13 kilos; mientras que en la Luna, podrían alcanzar hasta 9 metros i medio con un peso de dos toneladas.

En resumen: el tamaño del hombre depende del tamaño de la Tierra.

Con este antecedente, podemos ingresar en el concepto relativo del Universo, tal como nos lo dice Nicolai: "de esa relatividad de la que nadie aun se ha ocupado" o sea, la relatividad de nuestra imagen del mundo en relación al tamaño del hombre.

Esta ley de ingeniería, se cumple también en Biología: las células (integradas por moléculas) lógicamente tienen un límite de crecimiento, por encima del cual, comienzan ya a dividirse. Sucesivamente, los tejidos de sostén (huesos, madera de las plantas, quitina de los insectos), aumentan de grosor cuando aumenta la talla del individuo. He aquí la imposibilidad de la existencia de seres gigantes; pues, el arco de la columna vertebral tendría que sostener, a buena altura, todas las visceras, i al no poderlo hacer, se quebraría. La Paleontología nos muestra la gigantotania (muerte de gigantes) como una consecuencia de esta ley; puesto que, por otra parte, los huesos de los animales desaparecidos se hacían tan gruesos i macizos que les imposibilitaban la locomoción i por ende la vida, tal como todavía podemos comprobar en los animales que estan condenados a desaparecer: los elefantes. I al contrario, la columna vertebral es tanto más larga cuanto menor es su altura del suelo i así tenemos en gradación: al ratón, gato, perro, caballo, elefante.

La pequeñez de las aves es una consecuencia del medio en que viven: ellas utilizan con sus alas la resistencia del aire para elevarse i sostener su cuerpo, el mismo que crece al cubo, como la superficie de aquellas en razón del cuadrado. Según esto, el hombre necesitaría alas de 14 metros de envergadura i planos tan enormes que su fuerza muscular sería impotente para moverlos.

En los peces, se cumple también la ley: ellos tienen mayor peso i poca altura i la corriente del agua, además de facilitarles el movimiento, les hace perder una parte de su peso. Nos restarían los insectos: estos animales que existen desde el periodo cámbrico, no han podido crecer a causa de su difícil locomoción; el hombre i los cuadrúpedos, simultáneamente a los pasos que dan con sus extremidades, casi rígidas, llevan su cuerpo. Pero un zancudo por ejemplo, con sus seis u ocho palancas que se mueven independientemente del



cuerpo, no puede realizar lo mismo. Por esta locomoción trabajosa está cohibido de trasportar mucho peso de materia viva i es por esto, que su límite mecánico de crecimiento es pequeñísimo.

Revisando el mundo vegetal comprobamos idénticas circunstancias: los árboles son gigantes i corpulentos porque no tienen necesidad de caminar i trasportar su cuerpo i en todas las plantas se cumple el aumento de su peso en relación al cubo i el de su sección en relación al cuadrado; más allá de esta limitación, los árboles, arbustos o yerbas se inclinan obedeciendo a la gravedad.

Llegamos al hombre, ser que, por eminentemente pensante, debe poseer buena estatura para que su sustancia viva sea lo necesariamente abundante para nutrir, proteger i obedecer a un suficiente número de células nerviosas. Su talla está en relación con el peso mínimo de su cerebro, que lo coloca como al más inteligente de la escala. Por su parte, el crecimiento de su cerebro es función del número de células, éstas dependen del tamaño de las moléculas o sea de los átomos i electrones, i finalmente, el tamaño de éstos está condicionado por la fuerza gravitatoria.

I como sabemos que la fuerza gravitatoria depende del tamaño de nuestro planeta, podemos decir que cuanto más grande sea el globo, tanto más pequeño serán sus habitantes i viciversa. Según esto, en Júpiter por ejemplo, los hombres sólo tendrían una estatura de 69 centímetros con un peso de 13 kilos; mientras que en la Luna, podrían alcanzar hasta 9 metros i medio con un peso de dos toneladas.

En resumen: el tamaño del hombre depende del tamaño de la Tierra.

Con este antecedente, podemos ingresar en el concepto relativo del Universo, tal como nos lo dice Nicolai: "de esa relatividad de la que nadie aun se ha ocupado" o sea, la relatividad de nuestra imagen del mundo en relación al tamaño del hombre.

Paradójicamente a la conclusión que sentamos líneas arriba, podemos decir que la imagen del mundo externo depende del tamaño del hombre. El espacio que llamamos infinito, no es sino el de un ser que tiene 1 metro 70 i que puede ver sólo unos kilómetros de distancia. Más allá de este radio, el Universo es otro para nosotros.

Para un infusorio, el pequeño charco donde vive es su Universo i para un microbio de varias décimas de micra, su Universo será la gota de cultivo puesta en el portaobjetos. Un gigante, por el contrario, nos contemplaría como vertebrados inferiores, las ranas i hormigas le parecerían microbios i estaría condenado a no tener noción del reino de las bacterias.

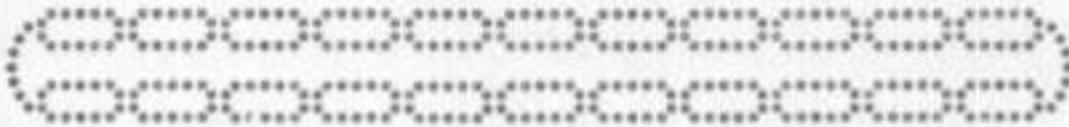
Vemos pues que, en ambos extremos, el Universo se hace incompleto. El único término medio es el hombre. No puede admitirse la existencia de seres inteligentes de decámetros ni de centímetros.

He ahí la gran frase de Protágoras, que hoy como ayer, se vé ampliamente confirmada: "EL HOMBRE, ES LA MEDIDA DEL UNIVERSO".

VICTOR M. PILARES POLO.

Cusco, 1934.





# La primitiva i moderna teoría de los "Quanta"

TESIS PARA BACHILLERATO

---

## PROLOGO

PARA LA OBRITA "TEORÍA DE LAS  
CUANTAS", DEL SR. ANTERO BUENO

Desde hace tres años, vengo observando con interés creciente el desenvolvimiento intelectual del Sr. Antero Bueno. Como ave rara entre la nueva generación, repudia los triunfos baratos de una cultura literaria i se dedica al esforzado estudio de las ciencias abstractas. A base de una magnífica fidelidad de memoria, de una paciencia benedictina i concienzudez germana, se ha profundizado en las complicadas teorías modernas matemático-físicas, que han evolucionado, en los últimos treinta años, los antiguos conceptos de la constitución material del mundo.

Antero Bueno, es ya una esperanza positiva para la ciencia nacional, i no dudamos de que engrosará las filas de ilustres matemáticos peruanos, como Garaycochea -cuyo estupendo "Cálculo binomial", no es suficientemente apreciado en su patria- i Villarreal, de antaño, i Godofredo García, Comandante Morla, Atúnez de Mayolo i Puga i Lozada, de hoy.

"La Teoría de las Cuantas", es una preciosa exposición sintética del actual estado de la Física teórica i de sus antecedentes históricos i representa los frutos de la intensa actividad intelectual de su autor.

La armazón de las modernas indagaciones físicas que han unido nuevamente a matemáticos, físicos, químicos i filósofos en un campo común de trabajo después del distanciamiento iniciado con el Renacimiento, constituyen la nueva geometría no euclidiana, de Rieman, el principio de relatividad de Einstein, la teoría de las Cuantas de Planck, el modelo del átomo de Bohr, la generalización de la energía ondulatoria, por Broglie, las ecuaciones diferenciales de Schrodinger, la teoría de probabilidad de Heisenberg i los sorprendentes principios de Pauli i Fermi.

Es verdad, que todo esto está todavía en plena fermentación, a pesar de la lógica i exactitud irrefutable de las fórmulas, leyes i ecuaciones matemáticas, aunque muchas soluciones de problemas antes oscuros i considerados indescifrables son hoy día dominio clásico de los hombres de ciencia.

Las nuevas ideas tan lucidas como profundas del nuevo concepto físico del mundo, no han penetrado dentro de la clase intelectual, ni mucho menos en la gruesa masa, pues su comprensión requiere un vastísimo bagaje de conocimientos matemáticos, i, además, tienen enteramente carácter esotérico por no ser accesibles a la intuición inmediata i carecer de analogías dentro de la vida sensualista diaria.

Sin embargo, su importancia para un futuro próximo será inmensa; talvez no por su aplicación utilitaria en la técnica como las leyes de Física antigua, sino más bien bajo el aspecto metafísico, pues hacen ya vislumbrar una solución del más antiguo e inquietante problema acerca de la esencia de la materia. Por lo pronto, el enigma de la teoría de las cuantas ha evidenciado que el problema de la materia, es un problema de las ondulaciones; materia i luz no pueden ser ya tratados distintamente, sino que así como la luz tiene caracter corpuscular i ondulatorio al mismo tiempo, así también la naturaleza, la materia, los electrones i pretones, son corpusculares i ondulatorios.



Por eso, la invariabilidad preconizada de la substancia cae por sí: todo está en incesante flujo, como dijo Heráclito. La invariabilidad de la masa es sólo aparente.

Ojalá que el presente meritorio trabajo contribuya a despertar algún interés, especialmente en la juventud estudiosa, por problemas tan trascendentales, novedosos i revolucionarios.

JOSE S. WAGNER.



## PROLOGO DEL AUTOR

El intento de abordar los nuevos hechos conquistados por la Ciencia de la Naturaleza Inanimada, tales como los Quanta, que han venido a trastornar impresionantemente nuestro sentido clásico de la Materia i Energía, está rodeado de grandes dificultades, para quien como el suscrito, no es erudito en física, ni dispone de los medios eficientes tanto bibliográficos como de los recursos, siquiera los más elementales, de orden experimental i técnico. En tales circunstancias es inútil esperar que en nuestro medio incipiente para las avanzadas investigaciones, especialmente de la Física,—la más desarrollada de las Ciencias,—se pueda presentar un trabajo que lleve el sello de una relativa originalidad; por eso los estudiantes, particularmente de la Facultad de Ciencias Físicas i Biológicas de esta Universidad, obedecemos a una lei del corrimiento intelectual, que en nuestro afán de intensificar nuestros estudios nos desplaza hacia el campo de las especulaciones abstractas con fuentes informativas de segunda mano, lejos de que esas nuestras energías incidiendo directamente, sobre la naturaleza de los problemas actuales de la Ciencia, quien sabe, aunque no creadoras de sorprendentes métodos científicos, pueden modestamente cultivar el desarrollo de la ciencia con precisión lógica, antes que adulterar sus nítidas formas mediante apreciaciones de sentido común i de la fantasía imaginativa.

Necesitamos urgentemente laboratorios i laboratorios, no sólo para responder del mérito de nuestros trabajos i de la asimilación de todos los conocimientos occidentales que nos dejan muy atrás, sino precisamente para dejar de ser los eternos parásitos del cerebro europeo.

Mi intención en el desarrollo de la presente tesis es la de alcanzar un dominio de equilibrada interpretación de los Quan-

ta, que en los momentos actuales constituyen el vértice preciso i la realidad más acabada del poder auscultador de las fuerzas cerebrales del hombre. Si en tal intención no me haya desviado un sólo instante de la órbita justa a que está centrado el sentido evolutivo de la teoría de los Quanta, bastaría ello para estimular mi amor hacia la ciencia.

Antes de entrar en la difícil exposición de este mi trabajo, me parece conveniente delinear su forma integral i hacer una esquematización de los diversos estados que comprende.

Puede formularse en el siguiente hexágono, cuyos lados íntegramente relacionados relieves coherencia i método. En primer lugar comprende un ligero bosquejo del estado pre-quántico de la física, precisamente para enfocar con claridad el origen de la teoría en cuestión; en segundo lugar muestra la sorprendente irrupción del principio fundamental que da lugar a esta teoría doctrinaria en el campo de la física; en tercer aspecto exhibe las trascendentales conquistas en el estudio de diversos i complicados fenómenos físicos, que no habían sido resueltos hasta entonces; en cuarto término se llega a una fase en que sufre la teoría, cierta modificación, con la que recobra mayor impulso para posteriores aplicaciones; en quinto lugar se asiste a una síntesis culmen de la teoría que bajo la visión clara del físico Niels Borh da lugar a la mecánica del átomo hasta entonces no sospechada.

Empero la fecundidad extraordinaria de la teoría a este nivel tuvo que sufrir un ligero estancamiento por la precipitada actitud de algunos físicos que afaroladamente edificaron una forma extremadamente radical de la teoría, que no pudo compaginarse con los fenómenos de la Óptica ondulatoria.

Hasta esta parte la teoría tiene sólo un fundamento provisional i constituye lo que se llama la Teoría Primitiva de los Quanta, pero esta interrupción no fué duradera i fué suficiente nada más que un lustro para que, nuevamente la teoría, sufriendo una depuración de cuanto provisional tenía

i mejor sentada en principios de rigurosa realidad lógica alcance un poder extraordinariamente perturbador, cuyo aspecto es difícil figurarse. A esta nueva fase de la teoría definida por W. Heisenberg se le ha dado el nombre de Mecánica Quántica o Teoría de los Matrices, en virtud de haber constituido una regla general de la conducta del Universo. El problema de la luz especialmente ha sido ya abordado en definitiva por los Quanta modernos; sinembargo la forma final de esta admirable teoría escapa a toda previsión; su trascendencia es incalculable i a este respecto me ocupo en el sexto capítulo.

Además en parte final después de hacer un juicio casi filosófico sobre la realidad de los Quanta, prepongo sintéticamente una nueva mecánica para penetrar en la maravillosa clave de la organización de la energía en sus diferentes modalidades, mecánica que permitiría probablemente formular la esencia del Universo, i cuyo análisis teórico ofrezco presentar en un trabajo posterior.

Cuzco, 28 de diciembre de 1933.

ANTERO M. BUENO V.





## BIBLIOGRAFIA

- 1 J. ANGLAS.—DE EUCLIDES A. EINSTEIN (Relatividad i conocimiento) 1928.
- 2 MARCELL BOLL.—L'IDEE GENERAL DE LA MECANIQUE ONDULATOIRE.—1932.
- 3 A. S. EDDINGTON.—ESTRELLAS I ATOMOS.—1928.
- 4 LUCIEN FABRE.—LES THEORIES D'EINSTEIN.—1924.
- 5 DR. L. GRAETZ.—LA TEORÍA ATÓMICA SEGÚN LAS IDEAS MODERNAS.—1924.
- 6 PROF. GUSTAV. JAGER.—FÍSICA TEÓRICA (Colección Labor).—1927.
- 7 H. A. KRAMERS I H. HOLST.—EL ATOMO Y SU ESTRUCTURA.—1926.
- 8 PROF. E. PÉRSICO.—LA EVOLUCIÓN DE LA TEORÍA DE LOS QUANTA.—(Artículos publicados en la revista "Ibérica" Nos. 764 i 765.—1929.
- 9 F. REICHE.—TEORÍA DE LOS QUANTA (Obra de Mayor consulta).—1922.
- 10 BERTRAND RUSSELL.—Panorama Científico.1931.
- 11 TEODORO WULF, S. J.—TRATADO DE FÍSICA.—1927.
- 12 N. GIANFRANCESCHI.—FÍSICA CORPUSCULAR.—1923.



## CAPITULO PRIMERO

## Carácter de la Física Pre-quántica

La idea dominante de toda la Física Matemática del siglo XIX, era la de que las leyes naturales pueden representarse por ecuaciones diferenciales, técnica a la que habían llegado principalmente Maxwell i Hertz como consecuencia de haber reducido una vasta región de fenómenos físicos a leyes de estricta continuidad; de tal suerte que, aunque la materia ofrecía una estructura discontinua (átomos), las magnitudes mecánicas, tales como la velocidad i la energía en todas sus modalidades, así como su transformación regida por la ley de conservación de Helmholtz, cambiaban de una manera continua, como algo que pueda crecer o decrecer por incrementos infinitamente pequeños.

En general éste era el carácter incommovible de la física hasta fines del siglo XIX, la variación a saltos de la energía no podía ser conceptuada, de ningún modo, porque era ageno al espíritu de la Filosofía natural de la época e incoherente con la naturaleza de la magnitud experimental macrocósmica.

La Termodinámica i en especial la Electrodinámica habían llegado a un grado de desarrollo admirable, casi hasta la perfección teórica con una técnica matemática la más fascinadora, que en tales circunstancias era inconducente imaginarse siquiera otro orden de cosas dentro del mundo físico, sino el único previsto i establecido por las leyes de la mecánica macrocósmica, sin la menor duda a acerca del sistema unificado por la continuidad.

En el aspecto metodológico es bien definida la tendencia de la Física prequántica. Apenas modificado o más bien adaptado a los nuevos hechos, el sistema deductivo newtoniano constituye el "alma mater" de toda la edificación arbitra-

ria i antropomórfica de la física clásica. Si bien, es cierto que, hasta nuestros días i quien sabe por siempre, la Dinámica de Newton ilumine los senderos de la física celeste, no sucede lo propio en la física microcósmica, en esta física donde el artificio intuitivo del hombre viene recibiendo amargos desengaños, porque en el mundo diminuto, en el país de los Liliputs, no cabe pensar con el cerebro *megálogo*; por el contrario surge la necesidad de inventar una lógica que rija al raciocinio no con siligismos de montañas i océanos, ni con principios experimentales de calibre telescópico, sino con leyes opuestas diametralmente a la escala humana, ajenas a la invarianza de la percepción orgánica; lejos del principio de la causalidad. Desde este punto de vista la lógica de Heisenberg, la tendencia moderna de edificar una nueva física fundada en el "principio de la indeterminación", es la que parece encuadrar para las nuevas concepciones del mundo físico, sobre todo del microcosmos.

Por lo demás ese sabor estadístico-real de la Física clásica, esa bella esperanza de perfeccionar la experimentación aparatosa hasta la sutileza absoluta, juntamente que la validez aparente de la aplicación del cálculo de las probabilidades a la conducta íntima de los fenómenos ya deben considerarse en el nuevo ambiente de la física, como preciosos hallazgos de fósiles de una ciencia de *Titanosaurus*.

Mui apesar de la tendencia universal de los hombres de ciencia del siglo XIX hacia la sistematización continua de los cambios de energía, hubo un cerebro que fué la excepción de la Regla en conceptuar que la electricidad, una de las formas de energía, tendría estructura atómica, tan discontinua como la materia.

Fué el genial físico Helmholtz aquel excepcional cerebro, que desde 1881 funda un sistema ortodoxo atrevido en pleno apogeo de la teoría avasalladora i omnímoda de Maxwell.

Gracias a las nuevas investigaciones, en aquel entonces, de Fáraday sobre el extraño fenómeno de la electrolisis, Helm-

holtz deduce una conclusión importante, que: la electricidad tiene naturaleza atómica lo mismo que la materia. Bien conocida es la ley de Faraday, que rige la separación de los iones en un líquido conductor al paso de la corriente eléctrica, que dice: *El número de equivalentes separados es proporcional a la cantidad de electricidad que pasó por el electrólito.* Se hablaba pues, en esta lei del No. de equivalentes pero no de la naturaleza de ellos. Helmholtz es quien confiere a estos equivalentes químicos un compañero inseparable, una especie de alma que les da el carácter de iones.

Así surge la conclusión de que una cantidad mínima de electricidad siempre constante, se halla combinada con cada equivalente cualquiera que sea la substancia química; esta cantidad de electricidad, siempre la misma existiría en un ion, i de ninguna manera, valores fraccionarios de esta cantidad, sino únicamente múltiplos enteros. Tales magnitudes mínimas se llaman *electrones* i los hai positivos i negativos. Cada uno de estos electrones aparece combinado con un radical monovalente, si el radical es bivalente con dos electrones, si trivalente con tres, etc. Según esto —como dice Graetz— “la electricidad observa una conducta cual un elemento químico especial, ya que se manifiesta, conforme a esta manera de pensar, en unidades discretas enlazándose a átomos de la materia”.

Esta concepción de Helmholtz, ofreciendo una belleza innegable, que subsiste aún en nuestros días, por su sencillez i por su poder persuasivo de arraigarse en las mentes sin dificultad, levántase frente a la teoría de Maxwell con franca i decidida oposición; pero desafortunadamente, a un principio tropezó con grandes dificultades, porque no pudo aplicarse a la explicación satisfactoria de un gran número de fenómenos eléctricos, cuyos efectos se producían a distancia, tales como los efectos electroestáticos, electromagnéticos i fenómenos de inducción.



Implícitamente la teoría de Helmholtz había abolido la existencia del éter, ese "medium" favorito de todas las edades del pensamiento físico humano, hecho que resultó ser desfavorable para su consiguiente desarrollo; mientras tanto los fenómenos ingratos a esta teoría eran maravillosamente explicados por la de Maxwell con el gran concurso de las vibraciones del éter, entonces la concepción prematura de Helmholtz, que recientemente se habría paso fragmentando ese concepto unificado de la continuidad energética, queda reducida a un campo de acción pequeñísimo, explicando apenas los fenómenos electrolíticos.

La teoría dominante, en cambio, acrecienta su validez i consolida una vez más el carácter del principio de la continuidad.

Años más tarde, en las postrimerías del siglo XIX, el físico holandés H. A. Lorentz (1892), retrotrae la concepción de Helmholtz i dándole un campo de acción estrictamente material, enuncia su teoría electrónica admitiendo la teoría de Maxwell para el campo etéreo. Ambas teorías, antes abiertamente opuestas, concilian en el criterio de Lorentz; afirma que los efectos eléctricos en el interior de los cuerpos es explicable por el juego de los electrones, los cuales íntimamente relacionados con el éter, originan en éste vibraciones por sus múltiples acciones, lo cual explica también satisfactoriamente los efectos a distancia.

Por otro lado, FÁRADAY había profundizado más sus investigaciones en el complicado fenómeno de la electrolisis i no se descuida en relacionar sus investigaciones con los resultados experimentales obtenidos por otros físicos que se debatían en contestar la pregunta de "qué cantidad de electricidad es la que se combina con un equivalente—gramo de cualquiera sustancia?"

Tras este empeño sobrepujado por una decena de físicos, FÁRADAY es quien determina mediante una deducción sencilla, la primera cuantización de la carga eléctrica de un electrón

que resulta ser  $e=4.74 \times 10^{-10}$  U. E. S. Tal es la primera orillada que se verifica en la quantización de la energía eléctrica, un paso gigantesco en la impugnación a la teoría de Clerk-Maxwell.

Desgraciadamente FÁRADAY no era matemático i apesar de que, edificaba una teoría experimental en contraposición de la de Maxwell, éste era quien revestía de formas matemáticas los resultados a los que había llegado aquél.

En tales circunstancias, aunque se había consumado el primer intento de quantización de una de las formas de la energía, la electricidad, no pudo ser aplicado este hecho para la quantización de las demás formas, tales como la radiación calorífica, el magnetismo, la energía lumínica, etc. i quedó pues relegado a satisfacer la teoría electrónica, como un hecho demasiado parcial e inseguro aún de no sozobrar a objeciones serias.

Si comparamos la obra atrevida de FÁRADAY con los grandes descubrimientos que se han hecho en la Física, significa nada menos que el adelantamiento de la teoría de los Quanta, pero un adelantamiento prematuro, dada la corriente filosófica i científica de aquella época patrocinada por los hombres más encumbrados de ciencia, de una tendencia absorbente en sentido opositorio al desarrollo de la teoría de Helmholtz i FÁRADAY.

La gloria insuperable de edificar la teoría de los Quanta, sin embargo, estaba reservada exclusivamente para otro genio, para Max Planck, no como consecuencia de algo presenciado ni elocubrado, sino en el momento imprevisto en que pugnaba la experimentación con la previsión teórica de los hechos. Es justo declarar que el camino experimental que seguía Faraday quien sabe, nunca le habría conducido dentro del orden científico a más de la quantización de la electricidad, porque el método era de naturaleza antitética e inco nexa con el posible aportamiento hacia la teoría de Planck.

I solo más tarde se establece una relación entre la teoría de los Quanta i la Electrónica de Helmholtz-Fáraday-Lorentz. Fué tan admirable el hecho que por un camino distinto al seguido por Fáraday en la determinación de la carga,  $e$ , de un electrón, se llegó al mismo resultado con la hipótesis de la radiación, de Planck. La síntesis de la teoría de los Quanta i la Electrónica fué más acabada mucho después, cuando Niels Borh unifica en 1913 dentro de la mecánica atómica cuatro ramas divergentes de la ciencia física como se tratará de ello bien adelante.

## CAPITULO SEGUNDO

### Origen de la teoría de los Quanta

Entre los grandes hechos que se registran en la historia del pensamiento científico, sin duda, los que más asombrosamente han revolucionado la ciencia física son las teorías de la Relatividad de Einstein i la de los Quanta.

Ambas constituyen el sello característico de la ideología de nuestro siglo, que está destinado por las fuerzas cerebrales evolutivas del hombre a marcar la agitación más perturbadora en las concepciones científico-filosóficas.

La curva de la ciencia se va empujando velozmente, más i más, hasta el extremo de que ya es imposible figurarse hoy el aspecto trascendental que podrá tomar la ciencia de mañana.

Si la teoría de la Relatividad es el resultado de una combinación de tres elementos constructivos, que son: la experimentación escrupulosa, el análisis lógico i principalmente ciertas condiciones epistemológicas; la teoría de los Quanta ha sido originada a consecuencia de las contradicciones existentes entre los valores observados en la radiación del cuerpo negro i los cálculos mediante consideraciones puramente especulativas.

Existe una diferencia de orden genético entre estas teorías; la de la Relatividad ha sido precedida de un período en que las ideas nuevas vagaban, sin hallar su expresión definida, en la mente de muchos hombres de ciencia, antes de ser científicamente cristalizadas en teoría. Hubo pues, la manifestación normal germinativa de un período pre-relativista casi de media centuria, de un sazónamiento de trabajos i concepciones para luego ser cosechadas por el genio destinado a edificar la concepción más extraordinaria del mundo físico. No ha pasado lo mismo en el advenimiento de la teoría de los Quanta; nada de preludios ni anuncios vagos. Irrupciona el hecho como el rayo instantáneo, cuando dos eminentes físicos experimentales, por los años 1897-99, O. Lummer i E. Pringsheim llevaron a efecto sus medidas fundamentales sobre la radiación del cuerpo negro, cuyos resultados distaban mucho de la previsión teórica. Entonces es que el ingenio de Max Planck en 1900 descubre de esta discrepancia una nueva conducta de la energía radiante, que constituye la base de su atrevida hipótesis de que la energía no varía más que por saltos, cuya magnitud denominó "*quantum*".

### Cuerpo negro i radiación negra

Como la teoría de Planck tiene sus orígenes en el estudio del fenómeno de la radiación, que creó especial interés en aquel entonces, se ha de hacer algunas consideraciones fundamentales al respecto.

Todo cuerpo posee la propiedad de reflejar una parte de los rayos que sobre él inciden, transmitir otra parte i absorber el resto. Se puede considerar hipotéticamente un cuerpo que tenga la propiedad de no reflejar, transmitir ni dispersar nada, sino que absorba el ciento por ciento de la radiación que recibe. Este cuerpo constituiría lo que se llama el *cuerpo negro*.



Realmente se aproxima a este cuerpo hipotético el negro de platino i el hollín, los cuales reflejan menos del 10%.

La *radiación negra* es la emitida por un cuerpo negro.

Existe una relación mui importante, descubierta por Gustavo Kirchhoff entre el poder emisor de un cuerpo cualquiera i el del cuerpo negro dada por la ecuación:

$$e = a E \quad (1)$$

que nos dice que el poder emisor de un cuerpo cualquiera es igual a su poder absorbente multiplicado por el poder emisor del cuerpo negro o más propiamente: la relación entre lo que emite i lo que absorbe un cuerpo cualquiera es igual a lo que emite el cuerpo negro. Esta importante lei no solo es aplicable a la energía total sino también a las radiaciones específicas de los cuerpos.

Un cuerpo sólido cuando está caliente emite radiaciones electromagnéticas, que puede variar desde el calor radiante emitido por una plancha doméstica hasta la luz deslumbradora de los filamentos incandescentes de una lámpara eléctrica. La emisión de energía radiante varía pues según la temperatura del cuerpo emisor. En ningún caso la emisión puede ser homogénea, aún prevaleciendo las radiaciones de una determinada frecuencia, son emitidas también radiaciones de todas las frecuencias posibles, aunque con intensidad menor, que se distinguen por la longitud de onda, presentando dicha radiación un espectro continuo que varía entre  $\lambda = 0$  i  $\lambda = \infty$ .

En todos los casos cada una de las radiaciones interviene en el espectro con una intensidad determinada, que dependen de las condiciones superficiales de los cuerpos, análogamente a las que determinan su color. Si se considera la radiación emitida por segundo de tiempo, a uno de los lados de la superficie de un cuerpo i por unidad de área, i descomponiendo espectralmente un intervalo  $d\lambda$ , de tal suerte que en este intervalo existan todas las frecuencias posibles compren-

didas entre  $\nu$  i  $(\nu + d\nu)$ . Si  $E$  es la energía radiante emitida en estas circunstancias, se puede representar:

$$E_{\nu} = 2\pi K_{\nu} d\nu \quad (2)$$

que es la fórmula para el poder emisor de un cuerpo, según la expone Reiche (Teoría de los Quanta), para la frecuencia  $\nu$ , en  $K_{\nu}$  es la intensidad de la radiación i es una función complicada de la frecuencia  $\nu$ , de la temperatura abs.  $T$  i de otras propiedades del cuerpo.

Para el cuerpo negro excepcionalmente, se ha comprobado, conforme lo expresa la lei de Kirchhoff, que la radiación depende únicamente de la frecuencia  $\nu$  i de la temperatura abs.  $T$ , i por consiguiente:

$$K_{\nu} = f(\nu, T) \quad (3)$$

que es la lei de la radiación del cuerpo negro, la que relaciona la intensidad de la radiación con la temperatura i con el color del cuerpo.

En conclusión, termodinámicamente, la distribución espectral de la radiación del cuerpo negro, es rigurosamente la misma, cualquiera que sea la substancia de que esté constituida.

Por mucho tiempo, la deducción i la medida de la relación anterior, permanecieron irresolubles, apesar de que muchos físicos habían tratado resolver. La condición para hacer una experimentación escrupulosa era la de contruir un cuerpo negro, a fin de que con suficiente aproximación respondiese a las consideraciones teóricas.

El físico danés Christiansen, por un lado, ya había notado desde muchos años atrás que se podría construir un cuerpo negro, si fuera posible inventar una disposición tal, que las ondas incidentes pudieran ser reflejadas varias veces, sucesivamente, antes de ser reemitidas nuevamente. "Tomando el caso del hollín, bastarían tres de dichas reflexiones para re-

ducir la reemisión a un  $\frac{1}{1+\epsilon}$  de la radiación inicial incidente sobre este cuerpo".

Por otro lado, Kirchhoff había enunciado también una proposición fundamental siguiente: "En toda cavidad, rodeada de paredes especulares i térmicamente aislada, se establece automáticamente la *radiación negra*, siempre que en su interior o en las paredes se encuentran regiones absorventes i emisoras arbitrarias, a la misma temperatura", o en otros términos: "En todo espacio térmicamente aislado, a temp. uniforme  $T$ , todo haz de rayo poseerá la misma intensidad i la misma composición como si procediese de un cuerpo negro a la temperatura  $T$ ".

El problema de la construcción de la cavidad fué resuelto entonces, fundándose en las consideraciones anteriores, gracias a O. Lummer i W. Wien, quienes tomaron una cavidad con paredes ennegrecidas, provista de un pequeño espéculo i mantenida a temperatura uniforme, de tal suerte que si se envía un rayo dentro de esta cavidad por el espéculo, quedará en una palabra, capturado dicho rayo, porque sufrirá absorciones i reflexiones infinitamente hasta que casi ninguna cantidad de radiación incidente podrá volver afuera, i, en consecuencia, tal cavidad se comportará como un cuerpo negro perfecto. Por consiguiente, el poder emisor de esta cavidad será igual al poder emisor del cuerpo negro o practicamente *radiación negra*.

Constituiría un amplio capítulo de la física ocuparse de todo lo estudiado a cerca del cuerpo negro, radiación de una cavidad, etc., lo brevemente expuesto basta para poner en debida relación el hecho parcial del problema de la radiación del cuerpo negro conforme se establece en la ecuación (3), cuya demostración experimental fué el objeto de los trabajos de Lummer i Pringsheim, es decir la determinación de la dependencia entre la intensidad  $K_\nu$  correspondiente a la frecuencia  $\nu$ , en la radiación obtenida, i la temperatura  $T$ .

## Algunas leyes sobre la irradiación del cuerpo negro

*Lei de Stefan.*— Paralelamente a la realización de las medidas sobre la radiación del cuerpo negro, teóricamente se había llegado a fundamentarse dos leyes importantes de gran trascendencia, para deducciones i descubrimientos posteriores.

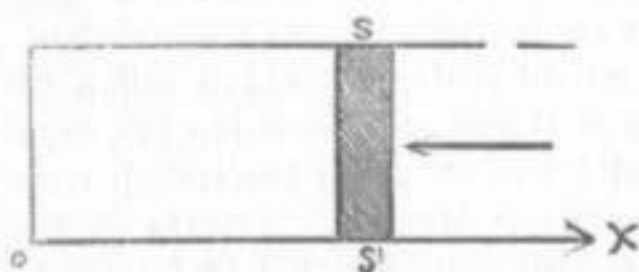
La irradiación de un cuerpo negro es analizable i calculable. Si se practica p. e. una abertura de superficie  $\omega$ , en la pared de la cavidad, la cantidad de energía que saldrá por ésta, será igual al valor constante que tendría la energía incidente sobre un elemento  $\omega$ , situado en en el interior i orientado de cualquier modo.

La primera lei sobre la radiación fué establecida por Stefan, en Viena en 1878, cuyo caracter empírico fué confirmada con fundamento electrodinámico i termodinámico por Boltzmann en 1884, según dicha lei "la energía total emitida por el cuerpo negro, en un segundo, es proporcional a la cuarta potencia de su temperatura absoluta", es decir:

$$W = aT^4 \quad (4)$$

donde "a" es una constante. Su demostración consiste aproximadamente en lo siguiente:

Sea un cilindro de sección unidad, provisto de un émbolo  $SS'$ . Supóngase que la cavidad así formada (fig. 1) posee pa-



(fig. 1).

redes perfectamente reflectoras. El volumen vale  $x$ , i si  $U$  es la densidad de la energía, la e-



energía total será  $xU$ . Sobre el émbolo actúa una presión  $p = \frac{U}{3}$  según la lei de presión de la radiación de una cavidad que dice: "La presión de la radiación de una cavidad es igual al tercio de la densidad de energía". Por otra parte según las consideraciones de Presvot, se sabe que la densidad de energía no depende más que de la temperatura es decir que

$$U = \varphi(T)$$

donde  $T$  es la temp. abs.

Comunicando a la cavidad una cantidad de calor  $dQ$ , i siendo  $dT$  el aumento experimentado por la temperatura, dicha cantidad de calor se invertirá en el aumento de la energía de la cavidad i en trabajo. Si se supone que el émbolo se mueve a la distancia  $dx$ , tenemos, en consecuencia:

$$dQ = d(xU) + p dx$$

subtituyendo  $p$  por valor se tiene:

$$dQ = d(xU) + \frac{U}{3} dx = U dx + x dU + \frac{U}{3} dx$$

reduciendo términos semejantes:

$$dQ = x dU + \frac{4}{3} U dx$$

reemplazando  $dU$  i  $U$  por sus valores según la lei de la densidad de energía:

$$dQ = x \varphi'(T) dT + \frac{4}{3} \varphi(T) dx.$$

Ahora formando la diferencial de la entropía, para lo cual se dividirá por  $T$  ambos miembros, se tendrá:

$$\frac{dQ}{T} = \frac{x \varphi'(T)}{T} dT + \frac{4}{3} \frac{\varphi(T)}{T} dx$$

Como  $\frac{dQ}{T}$  ha de resultar una diferencial exacta, deberá ocurrir según el criterio de Euler que:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{x \varphi'(T)}{T} \right) = \frac{\partial}{\partial T} \left( \frac{4}{3} \frac{\varphi(T)}{T} \right)$$

lo cual, derivando totalmente, dá:

$$\frac{\varphi'(T)}{T} = \frac{3T[4\varphi'(T)] - [4\varphi(T)3]}{9T^2} = \frac{4\varphi'(T)}{3T} - \frac{4\varphi(T)}{3T^2}$$

trasponiendo i simplificando:

$$\frac{\varphi'(T)}{T} - \frac{4\varphi'(T)}{3T} = -\frac{4\varphi(T)}{3T^2}; -\frac{\varphi'(T)}{3T} = -\frac{4\varphi(T)}{3T^2}$$

Cambiando de signo:

$$\frac{\varphi'(T)}{3T} = \frac{4\varphi(T)}{3T^2}; \quad \varphi'(T) = \frac{4\varphi(T)}{T}; \quad \frac{\varphi'(T)}{\varphi(T)} = \frac{4}{T}$$

Multiplicado por dT:

$$\frac{\varphi'(T)}{\varphi(T)} dT = \frac{4}{T} dT$$

Integrado:

$$\int \frac{\varphi'(T)}{\varphi(T)} dT = 4 \int \frac{1}{T} dT \text{ ó } \int \frac{1}{\varphi(T)} dT = 4 \int \frac{1}{T} dT$$

Resolviendo:

$$\text{Log}_e \varphi(T) = 4 \log_e T + \log_e A \text{ ó } \log_e \varphi(T) = \log_e T^4 + \log_e A$$

$$\log_e \varphi(T) = \log_e AT^4$$

I por fin tomando los antilogaritmos nos dá:

$$\varphi(T) = AT^4.$$

*l. q. s. q. d.*

La lei en referencia ha sido comprobada para las temperaturas comprendidas entre  $-180^\circ$  i  $1700^\circ$  C.

El valor de la constante "a" es aproximadamente igual a  $7.26 \times 10^{-16}$  ergios, según las medidas de Kurlbaum i Rubens. [Reiche].

## Lei del corrimiento de Wien

En 1893 W. Wien, enunció otra lei sencilla que penetra más en el fondo de la cuestión, porque trata sobre la distribución de la energía en el espectro de la radiación del cuerpo negro, donde intervienen las diferentes radiaciones monocromáticas.

Esta distribución ha sido determinada experimentalmente por Wien, quien supuso "una cavidad llena de radiación negra, provista de un émbolo móvil con la cara interior espe-  
cular. Si se hace mover el émbolo, adiabáticamente i con  
lentitud infinita comprimiendo la radiación como si se tra-  
tase de un gas, se produce una variación de energía, calcula-  
ble durante el proceso. Así la variación correspondiente al  
intervalo  $d\nu$  i teniendo en cuenta que las ondas reflejadas en  
el émbolo móvil, experimentan según el principio de Doppler  
un cambio de color se logra demostrar, que la intensidad de  
radiación  $K_\nu$  i depende de  $\nu$  i  $T$  de la manera siguiente:

$$K_\nu = \frac{\nu^3}{c^2} F\left(\frac{\nu}{T}\right) \quad [5]$$

en la que  $c$  es la velocidad de la luz en el vacío,  $F$  una función  
indeterminada. La lei del corrimiento de Wien, según las  
consideraciones anteriores se expresa: Que la frecuencia  $\nu$  pa-  
ra la cual  $K_\nu$  [función de  $\nu$ ] adquiere su valor máximo, se  
traslada al crecer la temp.  $T$  hacia las frecuencias mayores,  
de acuerdo con la expresión:

$$\nu_{\max} = \text{const.} \times T \quad [5']$$

Pero esta lei se expone más corrientemente respecto a las longitudes de onda i no a las frecuencias. Entonces si se considera la energía  $E_\lambda$  contenida en las relaciones cuya longitud de onda está comprendida entre  $\lambda$  i  $[\lambda + d\lambda]$  de tal manera que  $d\lambda$  corresponda á  $d\nu$ , deberá tenerse:

$$E_{\lambda} d\lambda = K_{\tau} dv$$

de donde:

$$E_{\lambda} \int d\lambda = K_{\nu} \int dv;$$

$$E_{\lambda} \lambda = K_{\nu} \nu; E_{\lambda} = \frac{K_{\nu} \nu}{\lambda} \text{ pero } \nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$E_{\lambda} = \frac{K_{\nu} c}{\lambda^2}$$

I finalmente de [5] i [5'] se obtienen sucesivamente:

$$E_{\lambda} = \frac{c^2}{\lambda^5} F \left( \frac{c}{\lambda T} \right) \quad (6)$$

$$\lambda_{m\acute{o}d} T = const. \quad [6']$$

La lei de Wien en este aspecto significa: Que el producto de la máxima longitud de onda por la temperatura abs, T, a que corresponde la curva es una constante.

Representándose gráficamente se tiene:

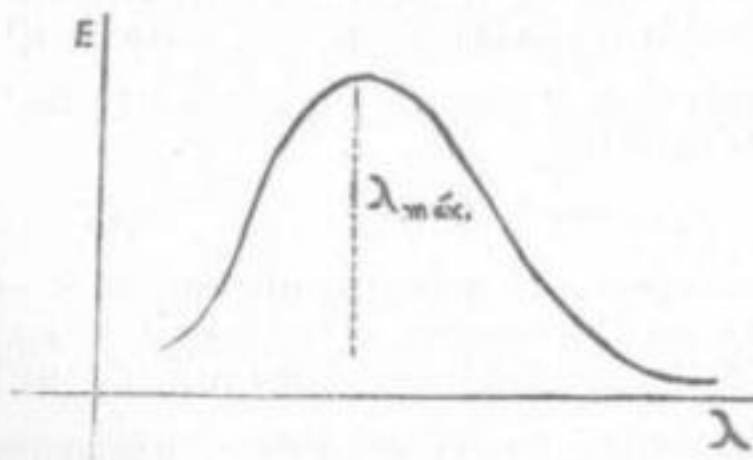


Figura 2

donde para determinado valor de  $\lambda$  la curva presenta un máximo, decreciendo después hacia el eje de las abscisas. El área comprendida debajo de la curva es el



que mide la irradiación total, desde luego proporcional a la  $T^4$  según la lei de Stefan.

Combinando la lei de Wien con la de Stefan, nos dará la ción siguiente: con (4) i (5')

$$W_{\nu=\text{const.}}^{\text{máx}} \propto T^5 \quad (7)$$

la cual representa otra lei importante:

"El máximo de la función  $K[\lambda, T]$  para la irradiación es proporcional a la quinta potencia de la temperatura abs.  $T$ ".

### Lei de Radiación de Wien.

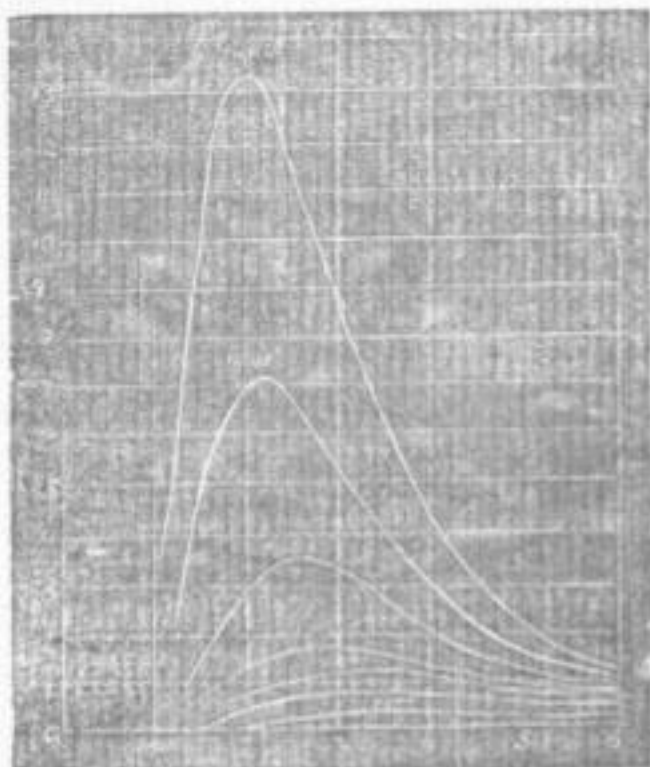
La función indeterminada de la ecuación [5] la dedujo Wien merced a grandes esfuerzos fundado en la lei de Maxwell a cerca de la distribución de las velocidades de las moléculas las gaseosas, obteniendo que:

$$F = \alpha e^{-\beta \frac{\nu}{T}} \quad \alpha \text{ i } \beta \text{ [constantes]}$$

Sustituyendo entonces  $F$  en [5] la lei de la radiación de Wien toma la forma

$$K_{\nu} = \alpha \frac{\nu^3}{c^2} e^{-\beta \frac{\nu}{T}} \quad [8]$$

Haciendo una representación gráfica de la repartición de la energía radiante emitida por un cuerpo caliente, conforme a la lei de Wien, se tiene, según las particulares longitudes de onda, las siguientes curvas: [Fig. 3]



(Fig. 3)

Las longitudes de onda se representan por micras en el eje de las abscisas y las ordenadas indican la intensidad de la energía radiante.

Claramente se ve que para temperaturas inferiores a 1500 grados, la amplitud máxima corresponde a longitudes de onda mayores a 1 micra, esto es, que la energía máxima está representada por rayos del extremo infrarrojo. Si la temperatura se eleva más i más, el máximo de la curva

se corre hacia las longitudes de onda menores o sea hacia el extremo violeta del espectro. De aquí que cuanto más elevada sea la temperatura tanto más alta es la curva.

Presentan las curvas de la distribución de la radiación profunda analogía con las curvas de la distribución de las velocidades de las moléculas gaseosas, que han sido perfectamente estudiadas por Maxwell.

Tal profunda analogía, constituyó precisamente, el camino viable para asimilar la distribución de la energía radiante de un cuerpo caliente, a la lei de la distribución de las velocidades de las moléculas gaseosas.

En conclusión las leyes de Stefan i del corrimiento de Wien fueron satisfactoriamente confirmadas por las medidas experimentales de Lummer i Pringsheim, i la lei de la radiación de Wien, representada por (8), fué demostrada como una lei válida solamente para frecuencias elevadas, o para pequeñas lon-

gitudes de onda, observándose en cambio para frecuencias menores o para grandes longitudes, desviaciones sistemáticas. Este último detalle constituye la clave más fecunda para posteriores descubrimientos de trascendental importancia.

Se establece así, una discusión tenaz entre físicos teóricos i los experimentadores O. Lummer i Pringsheim, quienes sostuvieron incommoviblemente la deficiencia de la lei de la radiación de Wien.

Paschen por un lado i por otro Planck, en los procesos irreversibles de la radiación, llegaron por métodos más rigurosos a la misma fórmula de Wien, siempre en desacuerdo con la experiencia.

Finalmente, fundamentado en la lei de Kirchhoff, que dice: "en un espacio mantenido a temperatura uniforme, basta la presencia de una substancia emisora i absorbente cualquiera para la obtención i conservación del estado correspondiente a la radiación negra", admite Planck como modelo esquemático de dicha substancia, un sistema de osciladores electromagnéticos lineales, e investigó las condiciones de equilibrio establecido entre dichos osciladores i la radiación. Puede p. e. imaginarse que esos osciladores están constituidos por los electrones que como se sabe forman parte del átomo i que reclamados por fuerzas intraatómicas a su posición de equilibrio, son capaces de oscilar alrededor de esa posición cuando se encuentran sometidos a la acción de ondas electromagnéticas. Cada uno de estos osciladores, posee entonces una frecuencia  $\nu$  i a causa de la inercia de las oscilaciones, no pueden ser influidos más que por ondas electromagnéticas cuya frecuencia sea próxima a  $\nu$ , permaneciendo indiferentes para las demás cuya frecuencia sea distinta. Dada esta circunstancia, es lícito concluir como, dice Reichi, que cada oscilador posee cierta propiedad selectiva análoga a la de los resonadores, como el diapasón que sólo entra en vibración cuando entra las ondas sonoras que sobre él inciden, hai precisamente, las correspondientes a la nota del diapasón".

De esta manera se concibe que se establece entre el oscilador i el radiador un cambio de energía, ya que como resonador un oscilante absorbe energía i como oscilador un resonante emite también energía. Por estos razonamientos Planck llega primero a formar una relación entre la intensidad de radiación  $K_\nu$  i el valor medio  $\bar{U}$  de la energía del oscilador i con leyes fundamentales de la electrodinámica clásica enuncia la fórmula siguiente:

$$K_\nu = \frac{\nu^2}{c^2} \bar{U} \quad (9)$$

i luego determina también el valor de  $\bar{U}$  en función de  $\nu$  i de  $T$  encontrando:

$$\bar{U} = \alpha \nu e^{-\beta \frac{\nu}{T}} \quad (10)$$

La síntesis de [9] i [10], recayó sinembargo en la demostración firme de la lei de radiación de Wien.

$$K_\nu = \alpha \frac{\nu^2}{c^2} e^{-\beta \frac{\nu}{T}}$$

que es la misma que [8].

La dificultad del problema creada por las medidas de Lummer i compañía, es aquí mucho más inquietante. Eminentes físicos tales como Thiensen, Jahnke, Rayleigh, Lorentz i Jeans i muchos otros toman a cargo la solución del problema. Todos los recursos que brindan la Termodinámica i la Electrodinámica fueron agotados, i no hai medio posible clásico para intentar su solución, porque de seguro se llegará fatalmente a la conclusión de la lei de Wien.

De todas maneras se patentiza únicamente que la emisión de una energía radiante comprende un número infinitamente



grande de vibraciones, con longitud de onda variable entre límites amplísimos podría decirse entre  $0$  e  $\infty$ , i que la intensidad de esta energía varía también con la longitud de onda i con la temperatura.

Mas, otra es la esencia del hecho físico tan ingrato a las especulaciones clásicas. La cuestión requiere necesariamente que se dé razón del modo de variar la intensidad, al variar la longitud de onda, ya que se trata de explicar aquella desviación sistemática de la radiación especialmente cuando se trata de grandes longitudes de onda o para pequeñas frecuencias.

Mucho más se desea resolver: Cuál es la radiación emitida a temperatura arbitraria por un cuerpo cualquiera, caracterizando dicha radiación por su longitud de onda i respectiva intensidad?

Es indudable que se ha podido determinar la curva que representa la distribución de la energía emitida por un cuerpo negro, en relación con la longitud de onda, pero no se ha llegado a establecer la fórmula matemática que demuestre analíticamente el fenómeno de la radiación. La lei de Wien es un intento absurdo al respecto.

El mismo Planck que estaba encadenado por los principios de la física clásica, había recurrido a los conceptos de la teoría electromagnética de la luz de Maxwell i a las leyes de la presión de la luz, etc., pero todo fué vano, los resultados eran siempre absurdos.

Aquí es donde el genio de Planck forja su emancipación científica i revelándose contra el dogmatismo clásico de la continuidad energética, introduce la discontinuidad i resuelve el problema de la radiación encaminando a la Física hacia un nuevo i grandioso horizonte.

---

## Lei de la radiación de Planck

### Hipótesis de los Quanta

En el año 1900 Max Planck publicó un trabajo interesante que se debe considerar como el origen de su teoría, apartándose totalmente de sus primeros trabajos.

He aquí cómo Planck procedió para resolver la constitución de la substancia emisora i para determinar la lei de la distribución estable de energía.

Si en un sistema de osciladores se comunica a cada uno la totalidad de la energía disponible, supuso Planck que un oscilador puede emitir i absorber energía únicamente en ciertas i bien definidas cantidades llamadas "elementos de energía" o "quanta de energía" de valor  $\epsilon = h\nu$ , dependiendo el quantum fundamental de radiación de la frecuencia del oscilador i variando directamente proporcional a ella. Dichos quanta se distribuirían al azar entre los diferentes osciladores, "análogamente a la repartición de cierto No. de esferas, p. e. 5 entre cierto No. de cavidades (sea No. 3). Esta distribución de 5 esferas en 3 cavidades puede efectuarse de muchas maneras diferentes según el cálculo de las probabilidades," según se sabe p. e.:

$$\text{No. de posibilidades de distribución} = \frac{\left[ \text{No. Cavidades} + (\text{No. esferas} - 1) \right]!}{[\text{No. Cavidades} - 1]! \times \text{No. esferas}!}$$

No interesa individualizar las esferas en cada cavidad, sino saber el No. de posibilidades de distribución.

Aplicando al sistema de osciladores la distribución de radiación, cada una de las posibles distribuciones corresponde a un estado determinado del sistema i como cada estado puede obtenerse de diversas maneras habrá cierto No. de posibilidades de realización.

En otros términos la intención precedente es la de señalar a cada zona del espectro de la radiación un No. posible de corpúsculos que sean capaces de dar las vibraciones correspondientes a aquella zona. Se trata pues de hallar una distribución estadística, i el cálculo de las probabilidades proporciona el mejor método.

Planck entonces se encuentra en el camino afortunado: designado por  $W$  el No. de la probabilidad de distribución, de un estado energético determinado, de dichos osciladores, deducido en función de la energía media  $\bar{U}$  de cada uno i de la magnitud  $\epsilon$  del quantum de energía i con otras consideraciones físico-matemáticas de elevada especulación, inabordable dentro de esta elementalidad, se llegó a la siguiente fórmula:

$$\bar{U} = \frac{\epsilon}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1} \quad [\text{donde } k \text{ es una const.}] \quad [11]$$

que es distinta a la establecida mediante cálculos clásicos [10].

Según la ley de radiación de Wien para longitudes crecientes del oscilador, la energía emitida que va haciendo indefinidamente pequeña se podría afirmar que ocurriría lo mismo para  $\bar{U}$ , es decir que la energía media del oscilador disminuiría continuamente al crecer su frecuencia, lo cual ha conducido por siempre a resultados absurdos. Planck sustituye tal concepto por una distribución de los osciladores en zonas elementales, en cada una de las cuales la energía permanece constante variando en una magnitud determinada al pasar de una a otra.

Entonces se admite que la energía varía por granos o quanta; de modo que cada oscilador contendrá un número de dichos quanta de energía, i su pérdida o ganancia se verificará también por quanta.

La esencia fundamental, en estas circunstancias, de la Teoría de Planck, puesta de acuerdo con la lei del corrimiento de Wien, consiste en admitir: si  $\epsilon$  (valor del quantum de energía) es proporcional a  $\nu$ , el elemento de energía vale:

$$\epsilon = h\nu \quad (12)$$

donde  $h$  es la constante universal de Planck, i que debido a sus dimensiones, (energía por tiempo), se denomina más propiamente por "quantum de acción", constituyendo la piedra angular del desenvolvimiento de la teoría a que ha dado origen.

Combinando entonces las fórmulas (9), (11) (12), se deduce la célebre fórmula de Planck para la radiación:

$$K_{\nu} = \frac{h\nu^3}{c^2} \times \frac{1}{\frac{h\nu}{e^{kT}} - 1} \quad (13)$$

La que fué hallada en 1900 i comprobada satisfactoriamente por una serie de experiencias hechas por H. Rubens i F. Kurlbaum, especialmente para las frecuencias pequeñas. Warburg al propio tiempo confirmó la exactitud de esta lei en la radiación negra.

Esta ecuación para grandes frecuencias o mejor dicho para grandes valores  $\frac{h\nu}{kT}$ , toma la forma:

$$K_{\nu} = \frac{h\nu^3}{c^2} e^{-\frac{h\nu}{kT}} \quad (14)$$

ecuación que está en perfecta armonía con la (8) de la lei de Wien.

En cambio para pequeñas frecuencias o para pequeños valores de  $\frac{h\nu}{kT}$  la fórmula (13) reviste esta otra forma:

$$K_{\nu} = \frac{\nu^3}{c^2} kT \quad (15)$$

que fué ya establecida por Rayleigh.



Se ha llegado también a la conclusión de que la fórmula de Planck está de acuerdo con la lei de Stefan, es decir que se toma, *p. e.* la ecuación de Planck en términos de longitud de onda  $\lambda$ , resulta:

$$E_{\lambda} = \frac{hc^2}{\lambda^5} \times \frac{1}{\frac{hc}{k\lambda T} e^{\frac{hc}{k\lambda T}} - 1}$$

la que integrada en la forma que sigue:

$$W = 2 \int_0^{\infty} E_{\lambda} d\lambda = \frac{2\pi^5 k^4}{15 c^2 h^3} T^4$$

—(pero la fracción da el valor de la constante de Stefan

$$\frac{2\pi^5 k^4}{15 c^2 h^3} = A, \text{ por consiguiente se tiene } AT^4 = W) —$$

nos da nada menos que la fórmula de la lei de Stefan.

Los valores de las constantes  $k$  i  $h$  han sido determinadas por Planck partiendo de las medidas de la radiación total  $W$  i la longitud de onda (*máx.*) para una temp.  $T$ , i de las medidas de Kurlbaum del valor de la constante de Stefan i de la lei del corrimiento de Wien, verificadas por Lummer i compañía, con el siguiente resultado:

$$\left. \begin{aligned} h &= 6.548 \times 10^{-27} && (\text{erg.} \times \text{seg.}) \\ k &= 1.346 \times 10^{-16} && (\text{erg.} / \text{grado}) \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

Posterioros hechos han confirmado que el valor de  $h$  oscila entre valores poco diferentes que no merecen tomarse en cuenta:

Por ejemplo Millikan halló  $h = 65.7 \times 10^{-27}$ .

Más adelante se expondrá algunos métodos directos para el cálculo de  $h$ ; por el momento importa tener en cuenta *que  $h$  es independiente de la longitud de onda, de la temperatura i de la naturaleza del cuerpo emisor.*

### Hechos inmediatos que coinciden con la hipótesis de Planck

En las ecuaciones (14), (15) i otras, figura una constante  $k$ , la cual según investigaciones practicadas por Planck resulta ser nada menos que el cociente de dividir la constante absoluta de los gases  $R$  de la ecuación de Van der Wals, por el No. de Avogadro, de modo que:

$$k = \frac{R}{N} \quad (17)$$

donde despejando  $N$ , se ha encontrado su valor

$$N = 6.175 \times 10^{23}$$

valor que no está en desacuerdo con los hallados por otros métodos.

Esta admirable coincidencia creó especial interés en la curiosidad de muchos hombres de ciencia i desde entonces se trató de explotar la teoría de Planck para relacionarla con otros resultados físicos.

Así no se tardó en descubrirse el hecho notable de que por medio de la teoría de la radiación se calculó la magnitud de la carga de un electrón. Se sabía que la carga eléctrica que llevaba consigo un equivalente-gramo o ion era de 96494 culombios,  
gramos

Aplicando ahora el  $N$  de Avogadro, que determina el No. de moléculas que contiene una molécula-gramo; resulta también válido en las mismas condiciones físicas para determinar, del mismo modo, el No. de iones en un equivalente-gramo, es decir que toda substancia monovalente contiene una carga según el valor  $N$

$$e = \frac{96494}{6.175 \times 10^{23}} = 1.58 \times 10^{-19} \text{ culombios}$$

si se multiplica este resultado por  $3 \times 10^9$ , para reducirlo a U. E. S. se obtendrá:

$$e = 1.58 \times 10^{-19} \times 3 \times 10^9 = 4.74 \times 10^{-10} \text{ U. E. S. (18)}$$

Hecho notabilísimo que establece el nexo entre la hipótesis de Planck i la electrónica de Lorentz.

*He aquí dos pasos sorprendentes de la teoría de Planck.*

### Preponderancia de la hipótesis de Planck

Las nuevas confirmaciones de la teoría de los quanta, naturalmente robustecieron más el valor innegable de esta teoría; sobre todo si se reconoce su extraordinaria concordancia con las medidas experimentales del fenómeno de la radiación.

En efecto la esencia de la teoría —como ha hecho resaltar Planck desde un principio— consiste en admitir como real el hecho nada común de que la energía de los osciladores de frecuencia  $\nu$ , no es una magnitud que cambia continuamente, sino que lo hace por elementos de energía  $\epsilon = h\nu$ , o por cantidades múltiples exactas de  $h\nu$ , como  $2h\nu$ ,  $3h\nu$ ; que no se conocen fracciones de estos elementos; traducida al lenguaje técnico, equivale a decir: *que la energía no varía por infinitésimos, sino por cantidades finitas.*

Reducido en estos términos el problema de la radiación a un problema de probabilidades, todos los intentos realizados para la explicación de la radiación, fundados en la teoría clásica siempre han dado leyes falsas.

Los métodos de la mecánica clásica aplicados por Clerk-Maxwell, Hertz, Nernst, Boltzmann, etc., al problema en cuestión parecía ofrecer una sencillez matemática; indudablemente resultaban válidos si se sostenía que la energía de un oscilador tomaba todos los valores comprendidos entre  $0$  e  $\infty$ .

Conforme a esta escala quedaban todavía en pie, en contra, posición a la teoría de Planck, el principio de la equipartición de energía de Maxwell y la ley de radiación de Rayleigh, constituyendo por el momento dos hechos inexpugnables para la conquista de aquella nueva hipótesis.

Según el principio de la equipartición de la energía cinética, se sabe que "en un sistema mecánico, por complejo que sea, en equilibrio estadístico a la temp. abs.  $T$ , cada grado de libertad posee, por término medio la energía cinética  $\frac{1}{2} kT$ ".

Para aclarar las ideas, recuérdese que grado de libertad es el No. de movimientos posibles, que pueden tener p. e. las moléculas en un espacio determinado en estado de equilibrio. Si se le asigna 3 ejes coordenados para el movimiento traslatorio de cada molécula, habrán desde luego tres componentes para la energía cinética de cada molécula, cuya distribución energética según el cálculo de las probabilidades se verifica por partes iguales para cada componente. Estas tres maneras posibles de movimiento para cada molécula, p. e. constituye lo que se llama "*grado de libertad*" del sistema.

Como ya se tiene fijado a cada grado de libertad corresponde una cantidad de energía igual a

$$E = \frac{1}{2} kT \quad (19)$$

donde  $k$  como se tiene explicado más atrás, no es sino la relación  $\frac{R}{N}$ .

Un sistema mecánico según esté formado p. e. de moléculas monoatómicas, diatómicas, triatómicas...; poseerá más o menos, grados de libertad. Así en el caso de una molécula monoatómica de gas, puede poseer dicha molécula, según determina Maxwell en su teoría cinética, tres grados de libertad, es decir sólo tres movimientos posibles; una molécula diatómica poseerá cinco grados de libertad, si se tiene en cuenta otros dos movimientos de rotación más, fuera de los tres probables,



i para una mol. triatómica o poliatómica se tendrá seis grados de libertad, esto es en condición de sistemas estáticos, sin tener en cuenta movimientos internos. Si la estructura molecular fuese idealmente más compleja, serán posibles un No. crecido de grados de libertad. Entonces la energía total de este sistema complejo tomará también formas complicadas, pero no perderá aquella distribución provista por el principio de la equipartición de la energía, puesto que tal principio no se refiere a la naturaleza estructural del sistema, sino a las leyes de la probabilidad conforme a los cuales se reparte la energía en el sistema. Según esto, si fueren posibles un No.  $q$  de movimientos, o mejor dicho si el sistema poseyera  $q$  grados de libertad, a cada uno de éstos tocará la misma parte de energía, i como cada grado de libertad posee, según establecido, a temp.  $T$ ,  $\frac{1}{2} kT$ , el sistema de  $q$  grados de libertad poseerá una energía cinética medin.

$$q \times \frac{1}{2} kT$$

Ahora bien, este principio como se sabe ha sido generalizado por Maxwell para todo sistema mecánico, esté formado de moléculas, átomos o electrones sin distinción de ninguna clase. En el caso del sistema de osciladores de Planck, cada electrón en verdad, viene a ser un oscilador el que según Maxwell ejecutará solamente oscilaciones rectilíneas poseyendo un grado de libertad, por tanto su energía cinética a temp.  $T$  tendrá el valor  $\frac{1}{2} kT$ , cualquiera que sea su masa. Por otra parte se tiene demostrado en mecánica cinética que la energía media cinética es igual a la energía potencial media del oscilador, por consiguiente la energía media total, es decir la cinética más la potencial, tendrá el valor.

$$\bar{U} = kT \quad (20)$$

Partiendo de este hecho Rayleigh obtiene su lei de radiación, que viene a ser la combinación de la ecuación anterior [20] con la ecuación [9]:

$$K_{\nu} = \frac{\nu^2}{c^2} kT$$

que es la misma [15], que como se ha demostrado sólo rige la radiación en el caso de las grandes longitudes de onda.

Pero en vigor del principio de la equipartición de la energía i conforme a la escala de la mecánica estadística clásica, la lei del Rayleigh debería revestir un valor universal para todas las frecuencias i temperaturas.

Felizmente se ha demostrado lo contrario con las medidas experimentales, i el campo de acción de la lei de Rayleigh está limitado como queda dicho, para valores pequeños de  $\frac{h\nu}{KT}$ , i lo más sorprendente es que queda comprendida como un caso particular de la fórmula de Planck. [13].

De manera que la aparente realidad que ofrecía la intervención explicatoria del principio de la equipartición en el fenómeno de la radiación, cae totalmente desvirtuada.

Sin embargo culminó todavía en el espíritu clásico la fe reivindicadora de que con el perfeccionamiento de la experimentación tendría que hacer resurgir el prestigio de los métodos clásicos i de todos aquellos principios cuya valía era tradicional. Eminentes físicos tales como Jeans, Lorentz, Eistein, Hopf, Fokker i otros tomaron a cargo la difícil tarea de dirimir la crítica situación en que se encontraba la respetable Física Clásica, amenazada de muerte con el advenimiento de la nueva concepción estructural de la energía.

Desgraciadamente hasta hoy todo ha resultado inútil, la máxima sutileza experimental ha sido incapaz de modificar la nueva teoría de Planck. Por el contrario hemos llegado a un plano en que todo nos conduce a concluir que al nivel del progreso de la teoría de los quanta, se va experimentado una impresión, de mucha frecuencia, del fracaso de la Mecánica estadística clásica i de la inutilidad de los perfeccionamientos experimentales, impresión que ha llegado a constituir, con la nueva

teoría de Heisenberg, una realidad desconcertante, dada la evidencia de que es *imposible el determinar un fenómeno físico!*

## CAPITULO TERCERO

### Expansión de la Teoría de los Quanta

### SUS PRIMERAS APLICACIONES

El advenimiento de la teoría de Planck i su admirable éxito en el estudio del fenómeno de la radiación determinó cambios fundamentales en la ideología científica, habriéndose como consecuencia del fracaso de la Física Clásica, tres caminos a la elección doctrinaria de los hombres de ciencia; ora el camino de la fidelidad fanática a las leyes de la física clásica como un hecho hereditario e intransferible, de orden psicológico, que influye decisivamente en el entendimiento, detestándose la investigación en el sentido cuántico; ora el de admitir solamente como válida la teoría de los quanta para el fenómeno aislado de la radiación como un caso especial que se refiere no a la estructura de la energía, sino a la probabilidad de su distribución, asimilable en un día no lejano a las consecuencias de las teorías clásicas; ora finalmente, el de abandonar la física tradicional, como medida radical para la neoformación de una física *suis generis*, llevando hasta el último extremo los conceptos basados en una estricta teoría cuántica.

El primero, cefélico i conservador, hubo de conducir por siempre al trágico i eterno absurdo; el segundo, mediocre e híbrido, aportó, sin duda, a una conclusión amorfa e incoherente, pero el último, el inexplorado, el revolucionario, fué el que condujo a un nuevo horizonte de luces deslumbradoras, de una fecundidad infinita, sin meta, sin eclipsamientos, donde la física evoluciona con una celeridad desusada.

$$K_{\nu} = \frac{\nu^2}{c^2} kT$$

que es la misma [15], que como se ha demostrado sólo rige la radiación en el caso de las grandes longitudes de onda.

Pero en vigor del principio de la equipartición de la energía i conforme a la escala de la mecánica estadística clásica, la lei del Rayleigh debería revestir un valor universal para todas las frecuencias i temperaturas.

Felizmente se ha demostrado lo contrario con las medidas experimentales, i el campo de acción de la lei de Rayleigh está limitado como queda dicho, para valores pequeños de  $\frac{h\nu}{KT}$ , i lo más sorprendente es que queda comprendida como un caso particular de la fórmula de Planck. [13].

De manera que la aparente realidad que ofrecía la intervención explicatoria del principio de la equipartición en el fenómeno de la radiación, cae totalmente desvirtuada.

Sin embargo culminó todavía en el espíritu clásico la fe reivindicadora de que con el perfeccionamiento de la experimentación tendría que hacer resurgir el prestigio de los métodos clásicos i de todos aquellos principios cuya valía era tradicional. Eminentes físicos tales como Jeans, Lorentz, Eistein, Hopf, Fokker i otros tomaron a cargo la difícil tarea de dirimir la crítica situación en que se encontraba la respetable Física Clásica, amenazada de muerte con el advenimiento de la nueva concepción estructural de la energía.

Desgraciadamente hasta hoy todo ha resultado inútil, la máxima sutileza experimental ha sido incapaz de modificar la nueva teoría de Planck. Por el contrario hemos llegado a un plano en que todo nos conduce a concluir que al nivel del progreso de la teoría de los quanta, se va experimentado una impresión, de mucha frecuencia, del fracaso de la Mecánica estadística clásica i de la inutilidad de los perfeccionamientos experimentales, impresión que ha llegado a constituir, con la nueva



teoría de Heisenberg, una realidad desconcertante, dada la evidencia de que es *imposible el determinar un fenómeno físico!*

## CAPITULO TERCERO

### Expansión de la Teoría de los Quanta

### SUS PRIMERAS APLICACIONES

El advenimiento de la teoría de Planck i su admirable éxito en el estudio del fenómeno de la radiación determinó cambios fundamentales en la ideología científica, habriéndose como consecuencia del fracaso de la Física Clásica, tres caminos a la elección doctrinaria de los hombres de ciencia; ora el camino de la fidelidad fanática a las leyes de la física clásica como un hecho hereditario e intransferible, de orden psicológico, que influye decisivamente en el entendimiento, detestándose la investigación en el sentido cuántico; ora el de admitir solamente como válida la teoría de los quanta para el fenómeno aislado de la radiación como un caso especial que se refiere no a la estructura de la energía, sino a la probabilidad de su distribución, asimilable en un día no lejano a las consecuencias de las teorías clásicas; ora finalmente, el de abandonar la física tradicional, como medida radical para la neoformación de una física *suis generis*, llevando hasta el último extremo los conceptos basados en una estricta teoría cuántica.

El primero, cíclico i conservador, hubo de conducir por siempre al trágico i eterno absurdo; el segundo, mediocre e híbrido, aportó, sin duda, a una conclusión amorfa e incoherente, pero el último, el inexplorado, el revolucionario, fué el que condujo a un nuevo horizonte de luces deslumbradoras, de una fecundidad infinita, sin meta, sin eclipsamientos, donde la física evoluciona con una celeridad desusada.

Enunciada, como fué, la teoría de los quanta por Planck, permaneció buen tiempo ocupando en la Física una posición aislada, representando sólo la explicación de un fenómeno único:

*La absorción i emisión de las ondas termo-eléctricas, o sean las vibraciones propias de los electrones, según las cuales los osciladores no pueden absorber ni emitir cantidades arbitrarias de energía, sino, precisamente múltiplos enteros de  $h$ .*

Más tarde, de manera vertiginosa, "los progresos realizados en otros capítulos de la física han demostrado que Max Planck —como dice el Profesor Pérsico— no había descubierto tan sólo una pequeña isla perdida en el vasto mar de lo ignoto, sino que, por el contrario, se trataba de la primera orillada de un extenso continente cuyos límites nadie podía aún abarcar".

El primero en explotar la teoría de Planck ha sido Einstein, que en 1905 halló el concepto de los quanta, interpretado de una manera más atrevida que la primitiva de Planck. corresponde este hecho a

### Los fenómenos fotoeléctricos i los Quanta de luz de Einstein

En el efecto fotoeléctrico encuentra la teoría de los quanta un segundo campo de acción de grandes trascendencias.

Cuando sobre una superficie metálica cargada de electricidad negativa inciden radiaciones ultravioladas o raxos X o  $\gamma$ , aquella emite electrones. Tales el fenómeno fotoeléctrico descubierto por Hertz en 1887 e interpretado por Lenard en 1899 aplicando las leyes de la fosforescencia i en especial la regla de Stokes.

Perfectamente conocidos son los resultados experimentales que presenta el fenómeno fotoeléctrico. Al describirlo Jeans, dice lo siguiente:

"En cualquier experimento que se haga, una vez que se produce el fenómeno, las velocidades con que los diversos electrones dejan el metal adoptan todos los valores, desde cero hasta cierto máximo  $v$ , que depende de las condiciones particulares del experimento. Ningún electrón abandona el metal con una velocidad mayor que el máximo  $v$ . Parece probable que lo que sucede es que todos los electrones son disparados inicialmente con la misma velocidad  $v$ , pero que los que proceden de una pequeña distancia bajo la superficie pierden parte de su velocidad al abrirse camino hasta el exterior".

Haciendo paréntesis de influencias perturbadoras se ha llegado a las consideraciones siguientes:

1.—La velocidad máxima  $v$  en la liberación de electrones sólo depende de la frecuencia de la luz excitatriz. No depende de la intensidad de la luz ni de la temperatura del metal. I si el correspondiente quantum no lo es suficientemente grande, no se logrará la emisión electrónica por más de que aumente la intensidad de la luz cuya frecuencia está por debajo de cierto límite.

2.—Cuanto más grande sea la frecuencia de la luz actuate tanto más energía  $[P]$  resta después de la liberación de electrones, utilizable para la aceleración de los mismos, por consiguiente tanto mayor será la velocidad de éstos.

Veamos, ahora, las leyes de la fosforescencia. Este otro fenómeno que ofrece admirable analogía con el fenómeno ya descrito, ha sido brillantemente estudiado por Lenard i Stokes i las leyes deducidas ofrecen todavía mayores luces para el estudio general de los efectos fotoeléctricos.

"En efecto si  $\nu_p$  es la frecuencia de la luz fosforescente emitida i  $\nu_e$  la de la luz que produce dicho fenómeno, supone Einstein que cada quantum  $h\nu_e$  de la luz excitatriz se transforma, al ser absorbida por los átomos del cuerpo fosforescente, en un quantum  $h\nu_p$  de la luz emitida por la fosforescencia".

Según el principio de la conservación de la energía de Helmholtz, en toda transformación de energía, la energía perdida en una acción, es igual a la ganada por la otra a la cual se transforma, de manera que:

$$h\nu_e \geq h\nu_p \text{ de donde } \nu_e \geq \nu_p \quad [21]$$

que es precisamente la regla de Stokes.

Por otra parte J. J. Thomson hizo también sus estudios sobre la ionización de los gases bajo la acción de los rayos ultravioletas, valiéndose de la idea cuántica de Einstein. El caso era que "cuando al caer un gas bajo la acción de la luz ultravioletada se producía únicamente una ionización de un pequeño número de moléculas". El fenómeno no difería del observado por Lenard, en la fosforescencia. Ocurre también el caso singular de que, cuando un trozo de fósforo es alcanzado por un haz luminoso, al principio sólo fosforece un número pequeño de moléculas, que crece a medida que transcurre tiempo. Pasa como si la superficie de onda presentara puntos acribillados por corpúsculos activos [quanta de luz] i zonas desprovistas de energía, a manera de manchas.

En consecuencia, dada la semejanza que existe entre el fenómeno fotoeléctrico, la fosforescencia i la ionización de los gases por acción de rayos Rontgen, admiten dichos fenómenos una misma solución matemática. En este sentido han sido tratados por Einstein admitiendo que, la ionización de cada molécula absorbe un quantum  $h\nu$ , debiendo ocurrir que  $h\nu \geq J$ ; donde  $J$  representa el trabajo que se requiere para ionizar una molécula, en términos fotoeléctricos, para liberar un electrón, i como la liberación de los electrones de gases, metales, etc., constituye en esencia un fenómeno fotoeléctrico, es lógico traer en vigor general que cada quantum de luz  $h\nu$  se transforma parcialmente en energía cinética del electrón liberado a la molécula i parte para el trabajo de separación, resulta pues, que para la velocidad  $v$  de arranque del electrón emitido de masa  $m$ , la siguiente fórmula:



$$h\nu = P + mv^2 \quad (22)$$

donde, como se sabe,  $\frac{1}{2} mv^2$  es la energía cinética i  $P$  el trabajo de separación del electrón. Fórmula que ha sido enunciada por Einstein con rango de lei para el efecto fotoeléctrico.

La velocidad  $v$  es calculable según la siguiente conducta experimental demostrada por Hertz: "Si la placa metálica sometida a la experimentación, posee un potencial positivo, retiene el electrón emitido; i si el valor numérico de dicho potencial es precisamente el que comunicaría al electrón la misma velocidad  $v$  en sentido contrario, la resultante vale cero: el electrón no sale de la placa.". Si la placa emite electrones, es incuestionable que la placa se electriza positivamente porque es bien sabido que los electrones transportan carga negativa pero la emisión electrónica no es infinita, por razón de equilibrio ha de cesar la emisión, llegándose a un límite en el que termina el fenómeno.

Si llamamos  $V$  la diferencia de potencial i por  $e$  la carga del electrón, i teniendo en cuenta que  $Ve$  en función de la masa da la energía cinética, resulta que  $Ve$  es igual a  $\frac{1}{2} mv^2$ , según esto, la ecuación anterior se transforma en:

$$h\nu = Ve + P \quad (23)$$

En esta ecuación siempre ha de ser determinada la frecuencia  $\nu$  de la luz por métodos ópticos, del mismo modo la carga  $e$  del electrón i sabiendo el valor de  $V$  por medición experimental, resulta pues, inesperadamente, que  $h$  es calculable en función de  $P$ . Este fué el camino por el que Millikan en 1916 confirmó rigurosamente el valor del quantum de acción, a la vez que demostró experimentalmente la validez de la lei (22) de Einstein.

Para el efecto, Millikan valiósse de dos lumináres de frecuencias distintas  $\nu$  i  $\nu'$  i teniendo en cuenta que la liberación del electrón en el efecto fotoeléctrico no depende más que de ciertos factores de la Naturaleza del metal,  $P$  prácticamente resulta el

mismo para ambos casos; se obtiene pues, según (23) las formas:

$$h\nu = Ve + P \quad \text{y} \quad h\nu' = V'e + P$$

haciendo una sustracción:

$$h(\nu - \nu') = e(V - V') \text{ donde queda eliminado } P.$$

Ahora despejando  $h$ , se tienen:

$$h = e \frac{V - V'}{\nu - \nu'} \quad (24)$$

que es la fórmula de Millikan en la que el segundo miembro consta de magnitudes conocidas y con la cual se ha determinado en el efecto fotoeléctrico normal de los metales Li y Na, la constante de Planck, con el valor

$$h = 65.7 \times 10^{-28}$$

que concuerda muy bien con el calculado por Planck, mediante la radiación

$$h = 6.548 \times 10^{-27}$$

La mecánica clásica pretendió explicar estos fenómenos fotoeléctricos conforme a su escala, pero se sintió impotente ante las paradojas siguientes:

1).—Era de esperar que la liberación electrónica se verificase con mayor violencia cuanto mayor fuese la intensidad de la luz excitatriz, si acaso la distribución de energía sobre la superficie de la placa se verificase continuamente, pero ocurre que la velocidad de los electrones sólo depende del color de la radiación. Además que si la frecuencia de la luz incidente desciende por debajo de cierto límite bien determinado para cada metal, la liberación de electrones cesa bruscamente como ocurre con la luz visible de frecuencia débil que es incapaz de generar acción fotoeléctrica.

2).—La cuestión es más paradógica todavía: Teniendo en cuenta la energía que suministra la radiación, por segundo, en un cm. cuadrado de superficie metálica, se puede calcular, mediante la *mecánica corriente*, la magnitud de energía que recibe por segundo de tiempo i el tiempo que se requiere para su acumulación hasta ser devuelta en el electrón expulsado. Ahora bien, se halla que se necesitaría tiempo casi infinito para que suceda tal con los rayos X, p.e.; siendo así, que en cambio, ocurre la liberación electrónica casi simultáneamente con la incidencia del haz excitatriz. Además los electrones liberados poseen la misma energía, ya esté la placa de que proceden, inmediatamente al lado de la ampolla de rayos X o ya se mueva aquella a cierta distancia de ésta.

Todas estas paradojas han sido resueltas sólo con la intervención de la teoría de los quanta. Ningún intento ha concordado tan perfectamente como con ella.

No es ésta únicamente la consecuencia halagüeña de la intervención de la teoría de los Quanta, se resuelve también el fenómeno de la fluorescencia en el dominio de los Rayos Rontgen i de la luz visible, M. de Broglie logró demostrar que si se envía a un cuerpo un haz de rayos Rontgen, se mide la absorción experimentada en el cuerpo, con la cual se modifica la dureza de los rayos incidentes, entonces la absorción aumenta bruscamente a partir de cierto valor de la frecuencia  $\nu$ . Al propio tiempo el cuerpo comienza, merced a la energía absorbida, a liberar una radiación característica rontgeniana, llamada *radiación secundaria*, muy particular por su espectro.

En general ocurre siempre, que la radiación emitida posee frecuencia menor que la de la luz excitatriz.

### Los Quanta de luz de Einstein

Los fenómenos fotoeléctricos eran verdaderos misterios para la teoría ondulatoria de la luz. Entonces la teoría de los Quanta tuvo que abordar también el problema de la natura-

mismo para ambos casos; se obtiene pues, según (23) las formas:

$$h\nu = Ve + P \quad \text{y} \quad h\nu' = V'e + P$$

haciendo una sustracción:

$$h(\nu - \nu') = e(V - V') \text{ donde queda eliminado } P.$$

Ahora despejando  $h$ , se tienen:

$$h = e \frac{V - V'}{\nu - \nu'} \quad (24)$$

que es la fórmula de Millikan en la que el segundo miembro consta de magnitudes conocidas y con la cual se ha determinado en el efecto fotoeléctrico normal de los metales Li y Na, la constante de Planck, con el valor

$$h = 65.7 \times 10^{-28}$$

que concuerda muy bien con el calculado por Planck, mediante la radiación

$$h = 6.548 \times 10^{-27}$$

La mecánica clásica pretendió explicar estos fenómenos fotoeléctricos conforme a su escala, pero se sintió impotente ante las paradojas siguientes:

1).—Era de esperar que la liberación electrónica se verificase con mayor violencia cuanto mayor fuese la intensidad de la luz excitatriz, si acaso la distribución de energía sobre la superficie de la placa se verificase continuamente, pero ocurre que la velocidad de los electrones sólo depende del color de la radiación. Además que si la frecuencia de la luz incidente desciende por debajo de cierto límite bien determinado para cada metal, la liberación de electrones cesa bruscamente como ocurre con la luz visible de frecuencia débil que es incapaz de generar acción fotoeléctrica.



2).—La cuestión es más paradójica todavía: Teniendo en cuenta la energía que suministra la radiación, por segundo, en un cm. cuadrado de superficie metálica, se puede calcular, mediante la *mecánica corriente*, la magnitud de energía que recibe por segundo de tiempo i el tiempo que se requiere para su acumulación hasta ser devuelta en el electrón expulsado. Ahora bien, se halla que se necesitaría tiempo casi infinito para que suceda tal con los rayos X, p.e.; siendo así, que en cambio, ocurre la liberación electrónica casi simultáneamente con la incidencia del haz excitatriz. Además los electrones liberados poseen la misma energía, ya esté la placa de que proceden, inmediatamente al lado de la ampolla de rayos X o ya se mueva aquella a cierta distancia de ésta.

Todas estas paradojas han sido resueltas sólo con la intervención de la teoría de los quanta. Ningún intento ha concordado tan perfectamente como con ella.

No es ésta únicamente la consecuencia halagüeña de la intervención de la teoría de los Quanta, se resuelve también el fenómeno de la fluorescencia en el dominio de los Rayos Rontgen i de la luz visible, M. de Broglie logró demostrar que si se envía a un cuerpo un haz de rayos Rontgen, se mide la absorción experimentada en el cuerpo, con la cual se modifica la dureza de los rayos incidentes, entonces la absorción aumenta bruscamente a partir de cierto valor de la frecuencia  $\nu$ . Al propio tiempo el cuerpo comienza, merced a la energía absorbida, a liberar una radiación característica rontgeniana, llamada *radiación secundaria*, muy particular por su espectro.

En general ocurre siempre, que la radiación emitida posee frecuencia menor que la de la luz excitatriz.

### Los Quanta de luz de Einstein

Los fenómenos fotoeléctricos eran verdaderos misterios para la teoría ondulatoria de la luz. Entonces la teoría de los Quanta tuvo que abordar también el problema de la natura-

jeza de la luz. I fué un abordamiento fecundo no sólo para el orgullo de la teoría cuántica, sino también para beneficio de la misma teoría ondulatoria, como veremos al final.

Ya que los fenómenos fotoeléctricos eran explicados precisamente con los quanta, la intervención de esta teoría en el campo de la luz, era a condición implícita de volver a reconocer el valor de una hipótesis abandonada casi por un lapso de tres siglos, me refiero a la teoría corpuscular de la luz, de Newton, desvirtuada tras un debate acalorado por la teoría ondulatoria de Huyghens.

Es Einstein quien tiene el valor de exhumar esa teoría abandonada en los estratos inferiores de la formación de la física, para darle un nuevo soplo de vida i edificar así la moderna figura de la luz.

Fundándose en hechos originales, propios de su genialidad excepcional, admite que no solamente, los quanta podrían darnos una explicación satisfactoria en los cambios de energía entre radiación i materia, sino también que la misma radiación al propagarse en el vacío posee estructura corpuscular; que cada oscilador como se manifiesta en el fenómeno fotoeléctrico, emite energía luminosa a sacudidas, que se mantiene durante su propagación concentrada en pequeños gránulos, en vez de propagarse por ondas esféricas, en todas direcciones, llenando un espacio cada vez mayor. Cada uno de estos gránulos viene a contener una energía de un quantum, es decir  $h\nu$ .

El estudio de los fenómenos fotoeléctricos, determinó en el espíritu de Einstein la resolución firme a creer que la estructura de la energía radiante consistía en un No. finito de complejos de energía como formando sistemas materiales, en pugna sincera con las consideraciones de la teoría ondulatoria.

El hecho más concreto que hace plausible la hipótesis de los quanta de luz, es el fenómeno de las fluctuaciones en un campo de radiación, que viene a ser un caso particular de la teoría cinética de los gases.

"Se sabe que en un gas que por término medio contienen moléculas en el volumen  $v_0$ , la repartición de estas moléculas en el espacio no permanece constante, sino que por efecto del movimiento de las moléculas, experimenta ciertas fluctuaciones. Teóricamente existe la probabilidad de que se realice el caso extremo en que las moléculas se acumulen, en un momento dado, en un volumen parcial  $v (< v_0)$ . La probabilidad de que tal caso ocurra es, según se sabe:

$$w = \left( \frac{v}{v_0} \right)^n \quad (25)$$

que es insignificante cuando  $n$  es grande, lo que significa que el caso en cuestión se verificará en rarísimas ocasiones".

Cosa análoga a ésta pasa con la densidad de la energía encerrada en un volumen  $v_0$ . Existen también las fluctuaciones como en los gases. Según Einstein la probabilidad de que la densidad se concentre en un volumen parcial  $v (< v_0)$ , está prevista por

$$w = \left( \frac{v}{v_0} \right)^{\frac{E}{h\nu}} \quad (26)$$

donde  $E$  es la energía total de la radiación. Si comparamos (26) con (25), deducimos que la radiación se comporta como si estuviese constituido por complejos de energía, independientes entre sí, de valor  $h\nu$ . Es decir como  $n$  moléculas, donde es reemplazado por  $\frac{E}{h\nu}$ .

### ¡Reversibilidad de los quanta de luz!

Según hemos constatado en los acápites anteriores los quanta de luz se transforman en otros quanta de luz, como en el caso de la fosforescencia, i también en energía electrónica,

como en el efecto fotoeléctrico. Ahora bien, ocurre el caso más singular, que la transformación se verifica en sentido contrario, es decir que el fenómeno es reversible: la energía electrónica se transforma en quanta de luz. Es el caso patético que cuando los rayos catódicos bombardeando precipitadamente, con gran velocidad, el anticátodo, producen rayos Rontgen.

Si  $Ve$  es la energía cinética de cada uno de los electrones incidentes sobre el anticátodo construido con un elemento que produzca la serie  $K$ , p.e., deberá suceder que  $Ve$  se transforma en  $h\nu$ , de donde:

$$Ve = h\nu \quad (27)$$

que viene a ser un caso particular de la lei (22) de Einstein i significa que los electrones incidentes provocan una onda electromagnética cuya frecuencia  $\nu$  es tan grande, que el quanta  $h\nu$  de la onda emitida, equivale a la energía  $Ve$  de los rayos catódicos, a los cuales deben su origen los rayos Rontgen. Este hecho ha sido comprobado por numerosos experimentos i medidas por Webster, Wagner, Frank i Hertz.

La igualdad (27) físicamente es válida en ambos sentidos: en el primer sentido, rige la transformación de la energía electrónica en quanta de luz i en el sentido inverso, explica la emisión secundaria rontgeniana.

En la misma igualdad, nuevamente se propicia el caso de poder calcular la constante  $h$ , desde que  $Ve$  i  $\nu$  son conocidos. Según este proceso, Wagner, entre otros, ha medido el valor  $h = 6.53 \times 10^{-27}$ . Lo cual está confirmando, hasta la saciedad, la validez de la teoría de Planck i de los quanta de luz de Einstein.

De todo lo expuesto, que viene a ser lo más fundamental, según mi criterio, dentro de una gran constelación de hechos que confirman la teoría de los quanta de luz, *no queda nada menos que admitir como real la existencia de los quanta, hecho extraño, pero tan innegable, que penetra en lo más profundo*



de la naturaleza del mundo físico, al menos si se abandona todo prejuicio establecido por las leyes de la Mecánica clásica. Es pues muy evidente que entre la energía y la materia se establecen cambios regidos por los quanta. Sin embargo, la idea de una estructura corpuscular de la luz, parece ser demasiado atrevida por que no se compagina con la teoría ondulatoria de la luz, i. encuéntrase en violenta contradicción con los fenómenos interferenciales principalmente. Empero este estado dilemático de cosas, en la acción contemporánea, con el estudio de nuevos fenómenos ya no divergen al extremo. La Física moderna ha dado una prueba mágica con Heisenberg, al resolver el enigma de ese problema sin precedentes, pero no me ocuparé de ello sino en el último capítulo de este mi trabajo.

Por ahora interesa ocuparse de un nuevo desenvolvimiento de la teoría de Planck.

## CAPITULO CUARTO

### Segunda etapa de la teoría de Planck.

### Generalización del Quantum de acción

### Nuevas intervenciones de la Teoría

A consecuencia de las dificultades insalvables que se crearon entre los quanta de luz y la teoría ondulatoria clásica, Planck trató de modificar, después de serios trabajos, los alcances de su teoría desarrollada, hasta el extremo, por Einstein. En efecto, permanecía incommovible la eficiencia de la teoría ondulatoria en la explicación de los fenómenos de interferencia y de difracción de la luz, eficiencia que colocó en posición insuperable a dicha teoría respecto de aquélla que tropezaba con inmensas dificultades.

Ante este nuevo perfil de hechos, el retorno de un gran número de físicos al antiguo campo de la física de Maxwell, era justificable, en perjuicio del desarrollo de la hipótesis de los

quanta; entonces Planck sentó las bases de una armonía entre las corrientes opuestas, admitiendo que su teoría debería aplicarse a la materia, en un sistema de osciladores, explicando los fenómenos de radiación, pero que una vez lanzada, dicha radiación, al espacio, queda sometida a las ecuaciones de Maxwell, que rigen su propagación según las leyes clásicas de las ondas electromagnéticas.

Aún en el campo de la misma radiación hizo ver Lorentz que cuando la radiación es bastante débil, el tiempo necesario para que un oscilador tarde en absorber un quantum de energía, resulta ser inadmisiblemente grande.

Por todas estas dificultades Planck tomó la resolución de presentar su teoría en esta otra forma:

"La absorción se verifica de un modo continuo, según las leyes de la Electromecánica, siendo preciso para que un oscilador emita energía, que posea un múltiplo exacto de  $\epsilon = h\nu$ . El que en estas condiciones se verifique o no, obedece a las leyes del azar. Si se produce la emisión, el oscilador pierde, siempre, toda su energía i emite, por lo tanto, quanta. Entre dos emisiones consecutivas aumenta su reserva, gracias a la absorción que se realiza de un modo continuo i proporcional al tiempo".

Consecuente con esta modificación de la teoría, la energía media  $\bar{U}$  del electrón u oscilador lincal lleva un exceso de  $\frac{h\nu}{2}$  al valor considerado en su teoría primitiva. Además conforme a las consecuencias de su hipótesis anterior, dicho oscilador, en el cero absoluto, poseía una energía media nula, pero en virtud de la segunda teoría se conflare a tal oscilador una reserva de energía media  $\frac{h\nu}{2}$ , pudiendo poseer todas las energías posibles entre 0 i  $h\nu$ .

Con todo, ésta modificación conceptual de la teoría primitiva no se ha afectado, en nada, a la forma matemática de la ley (13).



Ha sido de trascendencias bastante fecundas la modificación de la primera hipótesis de Planck, sobre todo en la investigación a cerca de la existencia de la energía en el cero absoluto. Nertz al efecto, verificó muchos trabajos, yendo más allá de los conceptos de Planck i halló que los osciladores no sólo poseían una energía media igual a  $\frac{h\nu}{2}$  en el cero absoluto sino "la misma energía verdadera", lo cual no es extraño, toda vez que los fenómenos del paramagnetismo i ferromagnetismo, producidos por los electrones en movimiento de rotación, se verifican a temperaturas muy próximas al cero absoluto.

### Generalización del Quantum de acción

En tanto que los quanta de luz de Einstein luchaba entre un cúmulo de dificultades cada vez más crecientes, la segunda teoría de Planck de *La absorción continua i emisión por quanta*, se desarrollaba vertiginosamente, conquistando campos de la física, con los cuales no se esperaba tener ninguna relación.

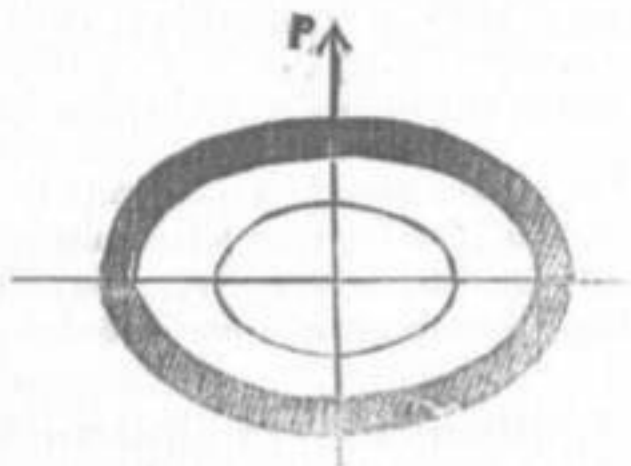
En 1911 aparece la teoría de los quanta no sólo interpretando el extenso campo de la radiación de la energía, sino que revelaba un secreto físico, que habría de constituir una ley de significación más profunda i más universal.

Ni la quantización de la luz, ni la explicación de los fenómenos fotoeléctricos, ni la teoría de la emisión por quanta simbolizan la verdadera esencia de la teoría, todos juntos apenas constituyen un caso particular de un hecho de magnitudes incalculables.

Fué el punto de partida de esta nueva floración, el estudio más detenido sobre la conducta de los osciladores rectilíneos.

“Si se tiene p. e., un electrón vibrante determinado en un campo coordinado por elongación llamado  $q$ , contada a partir de la posición de equilibrio i por su impulso o cantidad de movimiento  $p$ , i que dicho estado se representa en un diagrama plano-fásico, tomando como coordenadas los valores de  $q$  i  $p$ .

Haciendo la gráfica, resulta que todo punto del plano fásico  $q-p$  corresponde a un estado determinado del oscilador. Se admite como condición que no todos los puntos de dicho diagrama son equivalentes, sino que por el con-



(Fig. 4)

trario, habrán determinados estados del oscilador que poseen propiedades excepcionales”.

Todos los puntos del diagrama que pertenecen a los estados privilegiados forman en tal caso un haz de curvas que se envuelven unas a otras separadas por distancias finitas.

Gibbs, tiene demostrado que en tratándose de un oscilador de Planck, las curvas mencionadas son elipses concéntricas, que dividen el plano en recintos anulares, los cuales según la hipótesis de los quanta poseen la misma área  $h$ .

Ahora si conforme a la última consideración se calcula la energía de un oscilador que vibra con una frecuencia  $\nu$ , cuando se encuentran en uno de los estados privilegiados, se encontrará necesariamente un múltiplo entero de  $h\nu$ .

Cuando un oscilador, o mejor dicho un electrón, emite o absorbe quanta, su punto representativo salta de una elipse a



otra. En este caso pues, la aparición de los quanta de energía no es más que un resultado de la *acotación* admitida en el plano del diagrama, o mejor dicho de la acción libre de los estados privilegiados que poseen "propiedades excepcionales".

Planck explica matemáticamente este hecho, refiriéndose a la estructura en el plano del diagrama, p. e., para el enésimo acontecimiento.

"El enésimo lugar geométrico de puntos privilegiados encierran un área  $nh$ . Lo cual implica la integración siguiente:

$$\iint dqdp = \int pdq = nh \quad (28)$$

donde la integración doble se refiere a la superficie encerrada en la enésima elipse i la integración sencilla a su contorno".

Tal es el fundamento de la teoría de Planck, del quantum de acción i como se refiere a un sistema de osciladores rectilíneos, pertenece pues, a acciones de un sólo grado de libertad.

Bohr en primer lugar i despues Sommerfeld, han sido los iniciadores de una serie de teorías quantistas a partir de la teoría del quantum de acción.

Como se verá más adelante en la síntesis de Bohr la teoría en cuestión será aplicada a sistemas de muchos grados de libertad i especialmente a series ópticas.

## Nuevas intervenciones de los Quanta

### El calor específico de los sólidos a baja temperatura

Otro fenómeno extraño en cuyo estudio ha sido necesario apelar a los quanta, es el calor específico de los sólidos a bajas temperaturas.

Según se sabe por la ley de Dulong-Petit, el calor atómico de una substancia es el producto de su calor específico por

su peso atómico, producto que viene a ser una constante para todos los elementos. Esta constante, igual para todos, resulta ser 5.95 cal./grado, deducida según la mecánica clásica a fundamento del principio de la equipartición de la energía cinética de Maxwell.

Como ya queda referido en el 2º capítulo, al tratarse sobre el principio de la equipartición, la energía cinética media de un oscilador que vibra con tres grados de libertad, vale según la fórmula  $q \times \frac{1}{2} kT$ ,  $\frac{3}{2} kT$ , donde 3 está en vez de  $q$ ; como el oscilador ahora viene a ser un átomo, resulta que posee 3 grados de libertad, i su energía media será el valor anterior. Está demostrado también que la energía cinética media es igual a la energía media potencial, por consiguiente, la energía total media será:  $3 kT$ .

Para un sistema formado por un átomo-gramo de sustancia, la energía media valdrá:

$$\overline{E} = 3 kTN$$

donde  $N$  es número de Avogrado, que representa el número de osciladores en un átomo-gramo de sustancia, en condiciones físicas normales. Ahora, sabemos que  $k$  en la relación  $\frac{R}{N}$  entonces la igualdad anterior se convierte en:

$$\overline{E} = 3 RT \quad [29]$$

en la cual  $R$  es la constante absoluta de los gases. En esta ecuación  $\overline{E}$  es función de  $T$ ;  $\overline{E} = f(T)$ : en efecto la energía media cinética depende de la temperatura: cuanto más caliente está el cuerpo, con tanta mayor velocidad oscilarán los átomos. Luego para saber como está cambiando la energía cinética respecto a un cambio pequeño de la temperatura, no habrá más que derivar la igualdad anterior, lo que nos dará:

$$\frac{d\overline{E}}{dT} = 3R \quad [30]$$

lo cual en términos físicos constituye el calor atómico, Entonces llamando  $C_v$  el calor atómico, tendremos:

$$C_v = \frac{d\bar{E}}{dT} = 3R$$

Si se reemplaza  $R$  por su valor  $R = 8.313 \times 10^7$  C.G.S. se obtiene:

$$C_v = 3 \times 8.313 \times 10^7 \text{ C.G.S.}$$

i en calorías:

$$C_v = \frac{24.939 \times 10^7}{4.185 \times 10^3} = 5.95 \text{ calorías/grado}$$

que es precisamente la ley de Dulong-Petit, conforme a la cual, el calor atómico de los sólidos monoatómicos a volumen constante, es independiente de la temperatura e igual a 5.95 cal./grado.

Es un hecho bien comprobado que la mayor parte de los elementos responden satisfactoriamente a esta ley, pero se ha observado también, que la ley no está en armonía con los elementos cuyo peso atómico es inferior a 30. Algo más seria es la discrepancia si se trata de temperaturas bajas, en las que por lo general se manifiestan variaciones sistemáticas. Así p. e. a temperatura ordinaria, el calor específico del C en forma de diamante es 0.143 i su peso atómico, 12; el producto de estos valores da el calor atómico igual a 1.7. Sólo en el caso de elevadas temperaturas el calor atómico del diamante es 5.5.

En suma, se ve pues, que el calor atómico de los a temperaturas bajas disminuye, enormemente, del valor asignado por la ley de Dulong-Petit i no pudo ser interpretado hasta la intervención de la teoría de los Cuanta.

### Teoría del calor atómico de Einstein

En primer lugar la ley de Dulong-Petit, tiene por fundamento la ley de la equipartición de la energía cinética de Maxwell, que según se ha tratado en muchas ocasiones, ha condu-

cido siempre a leyes falsas, sobre todo, en el fenómeno de la radiación. Era pues lógico, que ante la dificultad en que se encontraba la ley de Dulong-Petit, no pudiendo dar una explicación de las variaciones del calor atómico a bajas temperaturas, había que desechar su fundamento.

Es así que Einstein dentro de un concepto estrictamente quantista, concibe que los átomos poseen cargas eléctricas "pues entonces lo mismo que los osciladores de Planck, se colocarán en equilibrio con la radiación térmica que siempre existe en un cuerpo". Por consiguiente el átomo hállese en condición de un oscilador lineal, poseyendo una frecuencia  $\nu$  i una intensidad de radiación  $K_\nu$ , según el teorema de Kirchhoff, cuya energía media  $\overline{U}$  tendrá la misma relación a la que llegó Planck en su fórmula fundamental (9):

$$K_\nu = \frac{\nu^2}{c^2} \overline{U}.$$

Desechando el principio de la equipartición de la energía, el oscilador lineal no poseerá el valor de energía media total  $\overline{U} = kT$ , sino el valor asignado por Planck;

$$\overline{U} = \frac{h\nu}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

de suerte que poseyendo el átomo oscilador 3 grados de libertad tampoco tendrá por valor de su energía media total  $3kT$ , sino el valor cuántico:

$$\frac{3h\nu}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

Lo cual conduce que para la energía interna del átomo-gramo de  $N$  osciladores, se transforme la fórmula (29)  $\overline{E} = 3RT$ , en:



$$\overline{E} = \frac{3N h \nu}{e^{x/T} - 1} \quad (31)$$

Ahora, derivando esta ecuación (\*) como en el caso anterior para obtener el calor atómico, resulta la siguiente fórmula:

$$C_v = \frac{d\overline{E}}{dT} = 3R \frac{x^2 e^x}{(e^x - 1)^2} \quad (32)$$

donde  $x$  es igual a  $\frac{h\nu}{kT}$

Que es la ley de Einstein, según la cual el calor atómico de los sólidos monoatómicos no es una constante, conforme establece la lei de Dulong-Petit, independiente de la temperatura, sino una función de  $\frac{\nu}{T}$ . Para un cuerpo determinado

que posee un cierto valor de  $\nu$ , dependerá de la temperatura.

De donde se deduce, que la lei de Dulong-Petit es de la escala de la de Rayleigh (15); es decir, una lei limite, aplicable sólo a pequeñas frecuencias o a temperaturas elevadas.

En la fórmula (32) de Einstein, la única magnitud desconocida es  $\nu$ . La determinación de su valor es posible por un sin número de procedimientos independientes entre si. De acuerdo con la fórmula anterior, sería calculable, adoptando un valor experimental para el calor atómico  $C_v^*$ , p.e. correspondiente a cierta temperatura  $T$ . Luego deduciendo de:

$$C_v^* = 3R \frac{x^2 e^x}{(e^x - 1)^2}, \text{ donde } x = \frac{h\nu}{kT^*}, \text{ resulta } \frac{C_v^*}{3R} = \frac{x^2 e^x}{(e^x - 1)^2}$$

que permite hallar el valor de  $\frac{h\nu}{kT^*}$  i por consiguiente de  $\nu$ .

Einstein ha demostrado que la frecuencia de oscilación de un átomo, es más grande tanto más pequeño sea su peso atómico i la compresibilidad de la substancia que constituye. Así p. e. sucede con el diamante, cuyo comportamiento escapa a lei de Dulong-Petit, debido a la circunstancia de que unido a pequeño *p. a.* lleva un punto de fusión bien elevado i una compresibilidad pequeñísima; por consiguiente la frecuencia  $\nu$  del átomo poseerá un valor grande, hecho que decide que su calor atómico no concuerde con la constante 5.95 de Dulong aún a temperaturas elevadas.

Mas todas estas irregularidades han tenido una explicación espléndida con la intervención de la teoria de los Quanta.

(\*) NOTA.—La derivación de la ecuación (31), se lleva cabo, como sigue:

$$\overline{E} = \frac{3N h \nu}{e^{\frac{h \nu}{kT}} - 1}$$

Como  $\overline{E}$  es de la forma

$$\overline{E} = F \left\{ \phi[f(T)] \right\}$$

donde

$$f = \frac{h \nu}{kT}$$

$$\phi = e^{\frac{h \nu}{kT}} - 1$$

$$i \quad F = \overline{E}$$

Por consiguiente:

dado que  $\frac{dF}{dT} = F' \phi' i'$

tenemos:

$$\begin{aligned}\frac{d\bar{E}}{dT} &= - \frac{3N h \nu}{\left[ \frac{h \nu}{e^{kT}} - 1 \right]^2} \cdot e^{\frac{h \nu}{kT}} \cdot - \frac{h \nu}{kT^2} \\ &= \frac{3N \frac{h^2 \nu^2}{kT^2} \cdot e^{\frac{h \nu}{kT}}}{\left[ \frac{h \nu}{e^{kT}} - 1 \right]^2}\end{aligned}$$

Siendo  $N = \frac{R}{k}$  según (17) i haciendo  $\frac{h \nu}{kT} = x$  tenemos:

$$\frac{d\bar{E}}{dT} = 3R \frac{\frac{h^2 \nu^2}{k^2 T^2} \cdot e^{\frac{h \nu}{kT}}}{\left[ \frac{h \nu}{e^{kT}} - 1 \right]^2}$$

finalmente

$$\frac{d\bar{E}}{dT} = 3R \frac{x^2 e^x}{(e^x - 1)^2}$$

que es la que corresponde a la [32].

ADVERTENCIA.—La letra  $e$  que figura en las fórmulas principales [8], [10], [11], [13], [14], [31], [32] i en las subordinadas a éstas, representa la base de los logaritmos neperianos; fuera de dichas fórmulas, la  $e$  ordinaria, en la extensión de la obra, expresa la carga elemental del electrón o quantum eléctrico.

## CAPITULO QUINTO

**La síntesis de Niels Bohr de las concepciones de Rutherford sobre el átomo, de las líneas espectrales de Balmer, Ritz i Rydberg, de la teoría del quantum de acción de Planck i de la electrónica de Lorentz.**

Todo lo expuesto en los capítulos anteriores, no constituye teoría suficiente que pueda agotar las inesperadas aplicaciones de los Quanta en la explicación de una considerable serie de fenómenos físicos.

Su profundo significado físico, se revela pronto como una fuente inagotable de grandes proyecciones, dando lugar a una hipótesis mecánica del átomo, que no solamente aborda toda la Espectroscopia, sino también un gran número de otros fenómenos ópticos, magnéticos, eléctricos, químicos, etc., hallando en cada uno de estos campos, confirmaciones amplias experimentales.

Hasta el año 1913, los físicos habían llegado a una situación tal que a lado de la teoría de los Quanta, disponían tres ramas de la física a cual más sólidamente cimentadas, pero sin ningún lazo común entre ellas, tales como la Electrónica de Lorentz, los estudios empíricos sobre el espectro de los elementos de Balmer-Ritz-Rydberg i finalmente el modelo atómico de Rutherford.

Tales ramas de la física inconexas, no tenían gran significación como hechos insulares, puesto que lejos de constituir un cuerpo de doctrina, se repelían mutuamente, asumiendo resultados, la mayor parte de las veces, contradictorios. Tal aspecto anárquico de la Física, empero no duró más que una década, hasta que el joven danés Niels Bohr, en 1913 logró con extraordinaria habilidad, unir el átomo nuclear de Rutherford, la fórmula espectral de Balmer-Ritz i la teoría de los Quanta, marcando así el progreso más formidable de la física.



Pronto se determinó también con esta síntesis la modificación de la electrónica de Lorentz en cuanto a su forma clásica, para luego alcanzar un desenvolvimiento admirable.



Trataré ahora de hacer una ligera exposición de cómo se ha verificado esta síntesis.

Del estudio de los espectros que presenta la luz emitida especialmente por los gases incandescentes, el suizo Balmer (1885) a manera de un quiromántico le,—por decirlo así—todo el destino que le aguarda a un átomo. En efecto, cada elemento, presenta en el espectro rayas que descifran su nombre, el N° de su estado atómico i su sitial en el Sistema Periódico.

El espectro de *H* sirvió como punto de partida a Balmer, quien descubre, que las longitudes de onda de las rayas roja i verde de este elemento, estaban entre sí, exactamente, en la misma relación que dos enteros, 27 i 20 i las de las rayas verde i violeta, las estaban, como los números 28 i 25.

Reflexiones perseverantes sobre tal correspondencia condujeron a Balmer a enunciar una lei empírica, que puede concretarse a una fórmula muy sencilla:

$$\lambda = 3646.13 \times \frac{m^2}{m^2 - 2} \quad (33)$$

en la que  $\lambda$  expresa la longitud de onda en  $\mu\mu$ , el No. 3646.13 viene a ser una constante i  $m$  un No. entero que puede ser de 3 hasta 31.

Con esta fórmula se pudo determinar satisfactoriamente las longitudes de onda de las rayas  $H_\alpha$ ,  $H_\beta$ ,  $H_\gamma$ ,  $H_\delta$ ,  $H_\epsilon$ , i aun también las de las series de rayas descubiertas en los tubos de Geissler i en el espectro del H de las protuberancias solares.

Para los usos prácticos la fórmula anterior se toma en términos de la frecuencia, de modo que: si  $\lambda = \frac{c}{\nu}$ , donde  $c$  es la

velocidad de la luz, que es igual al valor  $3 \times 10^{10}$  cm/seg. la que tomada todavía en U. Å. se convierte en  $3 \times 10^{18}$  U.Å./seg. La fórmula anterior se convertirá en

$$\nu = \frac{3 \times 10^{18}}{3646.13} \left[ 1 - \frac{2^2}{m^2} \right] = \frac{3 \times 10^{18} \times 4}{3646.13} \left[ \frac{1}{2^2} - \frac{1}{m^2} \right]$$

$$\nu = 3.291 \times 10^{15} \left[ \frac{1}{2^2} - \frac{1}{m^2} \right]$$

Haciendo  $3.291 \times 10^{15}$  igual  $K$ , la fórmula tomará la forma:

$$\nu = K \left[ \frac{1}{4} - \frac{1}{m} \right] \quad (34)$$

Posteriormente la constante  $K$  ha sido generalizada para todos los espectros en general, por Rydberg, por lo que se llama también constante de Rydberg i se representa con la letra  $R$  en vez de  $K$ .

La fórmula (34) generalizada por Rydberg y Ritz llegó a tomar la forma

$$\nu = R \left[ \frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right] \quad (35)$$

en la que  $n$  i  $k$  son Nos. pequeños enteros  $\frac{R}{n^2}$  i  $\frac{R}{k^2}$  los llamados *términos*.



Por otra parte se tenía el modelo atómico propuesto por Rutherford según el cual, el átomo está constituido por un núcleo central, cargado de electricidad positiva i que reúne en sí casi toda la masa del átomo, al rededor del cual, giran,

como los planetas al rededor del Sol, varios electrones, atraídos no por fuerza gravitatoria, sino, por la fuerza electrostática que siguen una lei igual i que da lugar, por consiguiente, a órbitas elípticas.

Toda esta hipótesis de Rutherford descansaba en las desviaciones sufridas por los rayos  $\alpha$  bajo la acción de un campo electromagnético, estos corpúsculos  $\alpha$  son como sabemos, núcleos de  $He$ , con doble carga positiva.

En rigor, se volvía a encontrar en el microcosmos atómico, las mismas leyes que rigen la mecánica celeste. Sin embargo, esta seductora analogía de la estructura del átomo con el sistema planetario condujo a un amargo desengaño, puesto que si en el átomo de Rutherford regían sólo las leyes mecánicas i electromagnéticas, se llegaba a la conclusión de que un átomo excitado por ciertos agentes físicos (calor o corriente eléctrica), podría emitir radiaciones de frecuencia cualquiera, ya que el número de revoluciones  $\nu$  de los electrones depende de la energía del sistema. Por lo tanto, de acuerdo con la teoría electrónica clásica, si se admite que un electrón que gira con el número de revoluciones  $\nu$ , emite una radiación electromagnética de frecuencia  $\nu$ ; como el sistema pierde energía, será necesario que  $\nu$ , varíe con el trascurso del tiempo de una manera continua, luego deberá tenerse una emisión de todas las frecuencias posibles: es decir que sus radiaciones observadas con el espectroscopio, tendrían que dar un *espectro continuo*. Pero los átomos son incapaces de emitir rayos espectrales homogéneos, sólo dan rayas.

Se enciende así una acalorada pugna entre el modelo del átomo de Rutherford i los resultados de la espectroscopía de los elementos.

Surge la necesidad de introducir en la mecánica del átomo un elemento de discontinuidad, que no existe en el modelo atómico de Rutherford, ni en la electrónica clásica, para dar una explicación del hecho de que los elementos emiten sólo frecuencias determinadas.

1 lo consiguió Bohr introducir ese elemento de discontinuidad en la mecánica del átomo, mediante las tres hipótesis siguientes:

En primer lugar pensó que ese elemento de discontinuidad dependía sin duda de la teoría de Planck, es así que concluye diciendo:

*"Aún cuando las leyes de la Mecánica permitirían a los electrones moverse sobre elipses de forma i magnitud cualquiera, resulta que en realidad no pueden, dichos electrones, seguir más que algunas de tales órbitas, que se denominan estables o cuánticas i constituyen una sucesión discreta i no continua; los demás movimientos resultan imposibles, o por lo menos inestables por una causa desconocida. Las órbitas estables, están determinadas por una lei matemática bastante sencilla (condiciones de quantización) en la que interviene la constante  $h$ ".*

Para Bohr en esencia, las órbitas posibles, desde el punto de vista cuántico, resultaban ser únicamente circulares i no elípticas, para el caso de que el momento de la cantidad de movimiento [momento de giro del electrón] sea igual a un múltiplo exacto de  $\frac{h}{2\pi}$

$$\text{múltiplo exacto de } \frac{h}{2\pi}$$

Tal hipótesis proporciona en el caso más sencillo un haz discreto de círculos centrados en torno del núcleo, cuyos radios son entre si, como los cuadrados de los números enteros

$$[1^2 : 2^2 : 3^2 : 4^2 : \dots : n^2]$$

En segundo lugar, Bohr considera *"que mientras las leyes del electromagnetismo implican, como consecuencia, que un electrón al moverse según una órbita cerrada debe emitir ondas electromagnéticas, esta emisión no tiene lugar en realidad si el electrón se mueve sobre una de las órbitas estacionarias"*.



Finalmente en tercer lugar, de acuerdo con la primera teoría de Planck dice: *Cuando un electrón puede bruscamente pasar de una órbita estable a otra también estable, ya sea superior o inferior, durante estos saltos, se produce absorción o emisión de energía, ordinariamente bajo la forma de radiaciones electromagnéticas, puede tenerse que la frecuencia de estas radiaciones está determinada, no por el movimiento del electrón como deduciría el electromagnetismo, sino, por otra lei sencilla que enlaza la hipótesis de Borh con la de los quanta de luz de Einstein, a saber: que la energía irradiada o absorbida debe ser un quantum entero o  $h\nu$ , i por tanto  $\nu$  debe ser igual a la energía emitida o absorbida dividida por  $h$ .*

Representando por  $W_2$  el valor de la energía en el momento en que pasa el electrón de una órbita a otra en que le corresponde la energía  $W_1$ , ésta será más pequeña que  $W_2$  i cuya diferencia será la emisión de energía  $W_2 - W_1$ , en forma de radiación monocromática, con una energía quantista  $h\nu$ .

La frecuencia de la radiación emitida se determina mediante la lei de las frecuencias de Borh:

$$h\nu = \frac{W_2 - W_1}{h} \quad (36)$$

La primera hipótesis, como a nadie se le puede escapar, no es más que una simple adición a las leyes de la Mecánica clásica, por lo que, no se puede considerar contradictoria a aquellas; por el contrario, constituye un enunciado de armonía entre ellas i la nueva concepción de Borh.

Mas la segunda i la tercera están en abierta contradicción con las leyes del Electromagnetismo. Constituyen en realidad, uno de los hechos más sólidamente fundamentados en la Física Moderna, pues no existe fenómeno alguno en el campo de la electricidad que no esté exactamente regido por la segunda i tercera hipótesis de Borh.

Consecuencia inmediata i la más brillante entre todas las confirmaciones experimentales de la teoría de Borh, ha sido la determinación de la fórmula de Balmer-Ritz mediante la teoría de los quanta.

En efecto el espectro de  $H$ , compuesto como se sabe de más 30 rayas, ha sido agrupada en series conforme a la fórmula [35].

$$\nu = R \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right)$$

Esta fórmula sugirió a Borh, la idea, de que las líneas del espectro de  $H$  no debe tomarse como algo que el átomo emite cuando se encuentra en un estado de vibración periódica, sino, como producidas por el cambio de un estado, caracterizado por un número entero, a otro estado determinado por otro.

Si  $p$ , por ejemplo, es el momento de la cantidad de movimiento de cualquiera de las órbitas, según la condición cuantista de Sommerfeld, debe tenerse:

$$2\pi p = nh \quad [37]$$

donde  $h$  siempre es la constante de Planck i  $n$  un número entero pequeño prácticamente no mayor de 31, cuyo máximo, en nuestro planeta, está dado por los tubos enrarecidos Geissler i en el Universo por las nebulosas ténues. Ahora el momento de la cantidad de movimiento en términos de la masa del electrón,  $m$ , del radio de la órbita  $a$  i de la velocidad angular, i conforme a la segunda ley de Kepler se tendrá que

$$p = ma^2\omega$$

i reemplazando el valor de  $p$  en (37) resulta:

$$2\pi ma^2\omega = nh \quad [38]$$

Por otra parte con la mecánica elemental se tiene que la aceleración radial es igual a  $a\omega^2$  i la fuerza centrípeta nuclear,

según Coulomb, a  $\frac{e^2}{a^2}$ , donde  $e$  es la carga elemental del núcleo, entonces

$$ma\omega^2 = \frac{e^2}{a^2}$$

o también:

$$ma^2\omega^2 = e^2 \quad [39]$$

ahora de las ecuaciones [38] i [39] se deduce, para el radio  $a$  i para la velocidad angular  $\omega$ , respectivamente:

Para  $a$

Elevando al cuadrado los términos de la ecuación [38]:

$$4\pi^2 m^2 a^4 \omega^2 = n^2 h^2,$$

de donde,  
entonces

$$4\pi^2 ma(ma^3\omega^2) = n^2 h^2 \quad \text{pero } ma^3\omega^2 = e^2$$

$$4\pi^2 m a e^2 = n^2 h^2$$

despejando  $a$  resulta

$$a = \frac{n h^2}{4\pi^2 m e^2} \quad [40]$$

Para  $\omega$ :

Elevando al cubo los términos de la ecuación [38]

$$8\pi^3 m^3 a^6 \omega^3 = n^3 h^3$$

multiplicando por  $\omega$  ambos términos:

$$8\pi^3 m^3 a^6 \omega^4 = n^3 h^3 \omega$$

o también:

$$8\pi^3 m(m^2 a^6 \omega^4) = n^3 h^3 \omega$$

pero

$$m^2 a^6 \omega^4 = e^4,$$

entonces:

$$8\pi^3 m e^4 = n^3 h^3 \omega$$

despejando  $\omega$  se tiene:

$$\omega = \frac{8\pi^3 m e^4}{n^3 h^3} \quad [40']$$

Para determinar las órbitas posibles, se obtiene haciendo  $n=1,2,3, \dots$  en la fórmula [40]. De suerte que la órbita más pequeña posible, siendo  $n=1$ , será:

$$a_1 = \frac{h^2}{4\pi^2 me^2} \quad [41]$$

i las mayores posibles serán  $4a_1, 9a_1, 16a_1$  etc.

El valor de la energía en una órbita de radio  $n^2 a$  será, desde que la energía potencial es doble de la energía cinética con el signo cambiado [según Sommerfeld]:

$$W = -\frac{1}{2} m a^2 \omega^2 = -\frac{2\pi^2 m e^4}{n^2 h^2}, \text{ de acuerdo con [40] i [40'].$$

Ahora cuando el electrón salta de una órbita a otra cuyo radio de la primera sea  $k^2 a$ , i de segunda  $n^2 a$ , siendo  $k > n$ , hay una pérdida de energía, según:

$$\frac{2\pi^2 m e^4}{h^2} \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right)$$

En esta expresión,  $\frac{2\pi^2 m e^4}{h^2}$  da precisamente el valor de lo que se llama trabajo de reparación para el salto del electrón de la órbita  $a_1$  al infinito.

Esta energía perdida constituye la radiación de una onda luminosa quantizada en un quantum de energía  $h\nu$ , siendo  $\nu$  su frecuencia. De manera que:

$$h\nu = \frac{2\pi^2 m e^4}{h^2} \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right)$$

i para la frecuencia  $\nu$  se tendrá:

$$\nu = \frac{2\pi^2 m e^4}{h^3} \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right)$$



en esta ecuación la fracción  $\frac{2\pi^2 me^4}{h^2}$  da el valor de la constante de Rydberg, calculado exactamente por Borh, con la intervención de la constante  $h$  de Planck, luego es igual a  $R$ , entonces comparándola con la fórmula de Balmer-Ritz [35], deducimos que es la misma.

Esta admirable concordancia de la concepción de Borh con la fórmula de Balmer-Ritz ha resultado ser uno de los éxitos de más valía para el consiguiente desarrollo de la hipótesis de Borh.

Según las consideraciones empíricas de Rydberg, la constante que lleva su nombre, resultaba tener por valor el producto del cuadrado del estado No. 2 del átomo de H por la velocidad de propagación de la luz, dividido por la constante 3646.13 de la fórmula original de Balmer; pero gracias a la introducción de la discontinuidad  $h$  de Planck, se ha llegado a la evidencia de que la constante de Rydberg, en esencia, es el cociente de dividir el trabajo de separación del electrón por el quantum de acción  $h$ ; es pues una constante que aparece en el mismo juego de energía del átomo en acción.

A pesar de todo, nos queda por explicar la significación de  $h$  en términos de la energía del átomo, que hasta aquí aparece únicamente como un recurso aditivo en la interpretación de los fenómenos atómicos. Meditando sobre la última ecuación, se deduce sencillamente que la constante de Planck o quantum de acción, expresa la relación entre la magnitud de los quanta de energía que contiene un nivel orbitario atómico, i el número de vibraciones de la onda electromagnética que gana o pierde el átomo cuando un electrón salta de dicho nivel orbitario a otro de superior o inferior quanta.

Tal es el significado físico estricto de la constante  $h$  en la mecánica del átomo, de cuya magnitud no sospechó siquiera la Mecánica Clásica.

El valor de  $h$  deducido en función de las cargas del núcleo i del electrón, de la masa de éste último, del radio del nivel de energía i de la velocidad del electrón en dicho nivel, viene a ser en unidades absolutas igual a  $6.55 \times 10^{-27}$  C.G.S., valor que guarda perfecta concordancia por los hallados por Planck en la radiación i por Millikan en el efecto fotoeléctrico.

Múltiples experiencias han confirmado la exactitud de la fórmula deducida por Borh desde el punto de vista cuántico. Así, si  $n=1$  i  $k=2,3$  se obtiene la serie ultravioleta descubierta por Lyman i haciendo  $n=3$  i  $k=4,5,6, \dots$ , se halla la serie ultraroja de Bergmann, etc.

Se ha conseguido determinar también, la serie para el  $He$  ionizado, elemento que como se sabe, es el que sigue al  $H$  en sistema periódico [ $Z=2$ ] i sus rayas espectrales están dadas por la fórmula

$$\nu = 4R \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right)$$

en la que  $n$  es 3 i 4, fórmula que ha sido prevista por Borh i más tarde confirmada por las experiencias de Fowler.

Resulta en esta última fórmula la constante de Rydberd con el coeficiente 4. En general según observaciones posteriores la constante  $R$  aumenta al crecer el *p.a.* de los elementos, aproximándose a un límite.

Análogamente a la emisión de energía por el salto electrónico de una órbita mayor a otra menor, la absorción de energía que se verifica por un salto electrónico en sentido opuesto del de la emisión, en el modelo atómico de Borh, tiene un carácter cuántico. Así, p. e. si incide luz procedente de la primera raya de Balmer ( $H_{\alpha}$ ) sobre el átomo de  $H$ , cuyo electrón gira en el 2º piso, ocurre que un quanta  $h\nu$  de la radiación exterior se emplea para elevar dicho electrón hasta el 3er. piso. Re-

sulta pues que el  $H$  toma de la radiación externa la energía  $h\nu_{H\alpha}$  es decir se produce la absorción de la luz procedente de la raya  $H\alpha$ .

Sin embargo la interpretación de los casos complejos mediante la teoría de Borh, ofrece todavía dificultades: así p. e. no puede dar una explicación a cerca del modelo atómico del  $He$  neutro, que posee 8 electrones. Además se presenta también el hecho de que no se cumple la lei de la atracción de Coulomb, cuando la distancia del electrón planetario de un átomo es bastante corta al núcleo, i muchas otras por el estilo que han determinado ciertas modificaciones en el modelo atómico de Borh.

Sommerfeld fué uno de los primeros en ampliar la teoría en cuestión. En primer término, se vió que no convenía sostener las órbitas circulares, porque no respondían a la aparición de ciertos espectros de elementos, de rayas finas; era más racional introducir órbitas elípticas. I la ventaja consistía en que las elípticas ofrecían dos condiciones de quantización, una respecto al eje mayor i otra en cuanto a su forma o la relación de ejes, mejor dicho "además del único No. cuántico determinado por el movimiento angular que posee la órbita circular, existe otro No. cuántico que depende de la excentricidad de la elipse". Solamente son posibles ciertas excentricidades.

Conforme a esta teoría ampliatoria de Sommerfeld que se llama Teoría de la estructura fina relativista, i representando los dos Nos. cuánticos por  $n$  i  $n'$ , en vez de la fórmula (35), se tiene esta otra, que corresponde a las delicadas líneas espectrales del  $H$ :

$$r=Rz^2 \left( \frac{1}{(s+s')^2} - \frac{1}{(n+n')^2} \right) \quad (42)$$

que se deduce de las siguientes consideraciones:

1º Se sabe que la energía de un electrón en la elipse de Kepler ( $n, n'$ ) vale

$$W_{nn'} = -\frac{2\pi^2 e^4 z^2 m}{h^2 (n+n')^2}$$

fracción que multiplicada por  $h$  (sus dos términos) dá:

$$W_{nn'} = -\frac{2\pi^2 e^4 z^2 m h}{h^2 (n+n')^2} \text{ o también } W_{nn'} = -\frac{2\pi^2 m e^4 (z^2 h)}{h^2 (n+n')^2}$$

pero

$\frac{2\pi^2 m e^4}{h^2}$  no es sino el número de Rydberd ( $R$ ), de modo que

$$W_{nn'} = -R z^2 h \left( \frac{1}{(n+n')^2} \right)$$

2º— Por otra parte, según la lei (35) de las frecuencias de Borh, se tiene

$$\nu = \frac{W_{nn'} - W_{ss'}}{h}$$

desde luego que  $W_{ss'}$ , será igual a  $W_{ss'} = -R z^2 h \left( \frac{1}{(s+s')^2} \right)$

entonces reemplazando los valores de  $W_{nn'}$  i  $W_{ss'}$  en la fórmula de las frecuencias se tendrá:

$$\nu = -R z^2 h \left( \frac{\frac{1}{(n+n')^2} + \frac{1}{(s+s')^2}}{h} \right)$$

i finalmente:

$$\nu = R z^2 \left( \frac{1}{(n+n')^2} - \frac{1}{(s+s')^2} \right)$$

*q.e.l.s.q.d.*



En esta nueva lei de las líneas finas de Sommerfeld,  $s$  i  $s'$  son los números de quanta azimutales o radiales de la trayectoria final del electrón i  $n$  i  $n'$  los quanta correspondientes a la trayectoria inicial.

Esta teoría relativista prevee un número mayor de órbitas posibles de los que admite la teoría de Borh, por consiguiente el número de saltos posibles de electrones será también mucho mayor, lo cual explica la multiplicidad de finas rayas espectrales que presenta el espectro del H.

En verdad, la fórmula de Sommerfeld resulta ser demasiado complicada, pero lleva el innegable valor de que concuerda mejor con los resultados experimentales. Así se ha previsto que la raya roja del espectro de H debería estar formado de 5 componentes, lo cual fué confirmado por las experiencias delicadas de Pachen.

A este notable éxito se agrega todavía dos consecuencias muy importantes: una, que se ha determinado espectroscópicamente, por primera vez, las tres constantes fundamentales:  $e$  (carga del electrón),  $m_0$  (masa del electrón para velocidades infinitamente pequeñas) i  $h$  (constante de Planck); i otra, que los efectos llamados de Stark i de Zeeman, producidos por la influencia de campos magnéticos i eléctricos sobre las rayas del H, que desde hace algunos años llamaba la atención de los físicos, por lo extraños, e inexplicables mediante la electrónica clásica, han sido tratados eficientemente con la teoría de Sommerfeld.

Stark en 1912 había llegado a observar un fenómeno análogo al que verificó Zeeman en 1896, consistente en la escisión de las rayas espectrales, no por acción de un campo magnético sino por la de un campo eléctrico. Stark logró crear un campo eléctrico intenso de unos 50,000 a 75,000 voltios por  $\text{cm}^2$ . con lo cual consiguió separar las varias componentes de las rayas del H. El mismo fenómeno i en forma más convincente obtuvo Lo Surdo, valiéndose de una considerable diferencia de potencial delante del cátodo, en el espacio casi obscuro de tubos

gráciles de Crookes, observándose escisiones de rayas espectrales, en una forma mucho más complicada. Del estudio de tal fenómeno se ha deducido leyes importantes que concuerdan con la nueva fórmula de las frecuencias de Sommerfeld.

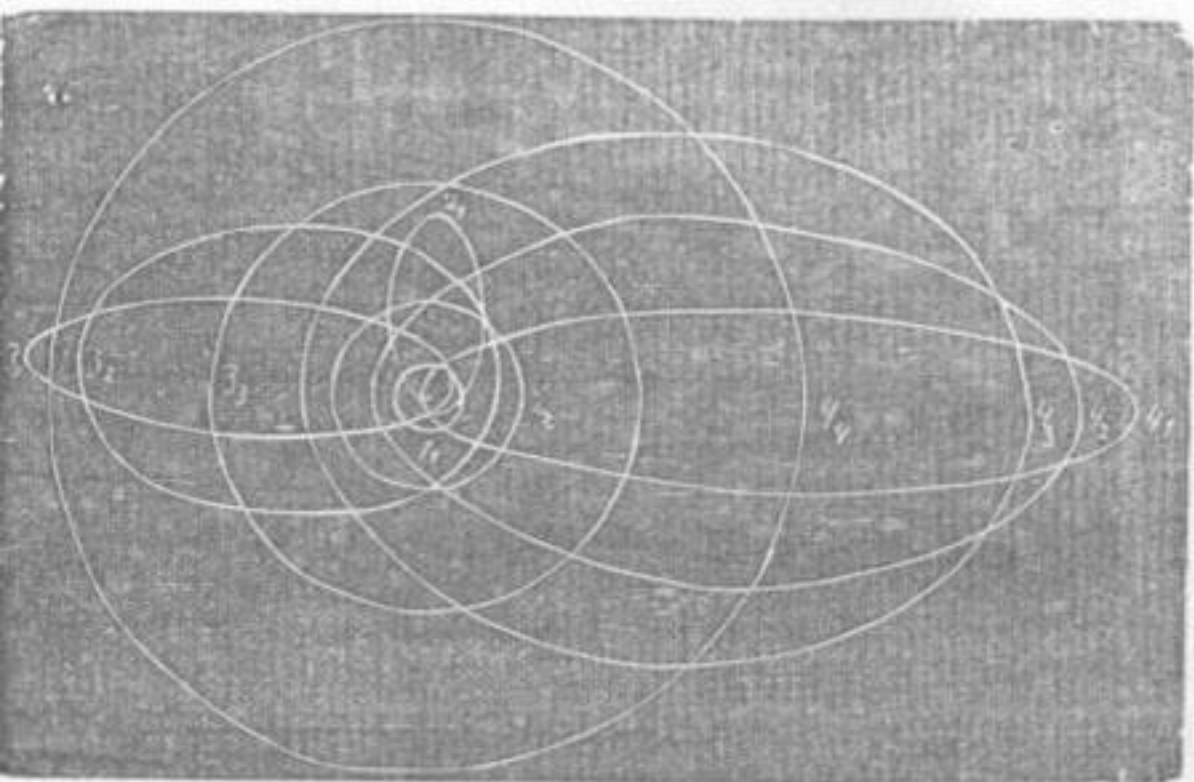
Con igual eficacia fué también explicado el efecto Zeeman, descubierto todavía en 1896. Tal efecto consiste en la escisión de una raya simple cuando se somete a la acción de un campo magnético suficientemente poderosa, en tal forma, que observada dicha raya en la dirección del campo magnético se halla desdoblada en dos estrías, mientras que observada en dirección normal al campo resulta que aparecen tres elementos de dicha raya. La explicación de este fenómeno que es el más sencillo de todos los casos del efecto Zeeman, ha sido hecha con éxito a base de la teoría de Sommerfeld, pero con la introducción de un tercer número cuántico, correspondiente al ángulo existente sobre el plano del campo magnético i el plano de la órbita del electrón.

Sin embargo queda todavía irresoluble el efecto anormal Zeeman, consistente en la escisión más complicada de las rayas de estructura fina al crecer la intensidad del campo magnético.

Posteriormente el mismo Borh, así como Sommerfeld han ideado una nueva forma simbólica del átomo, que consiste en una síntesis de las órbitas circulares, tal como las concibió Borh i de las órbitas elípticas quantizadas por la teoría ampliatoria de Sommerfeld, síntesis que merece ser contemplado desde un punto de vista gráfico.

Conforme se ha observado en el sistema planetario, la mutua atracción entre el núcleo i cada uno de los electrones constituyentes del átomo, disminuye en razón inversa al cuadrado de las distancias, de acuerdo con la lei de Newton, lei que en armonía con las reglas cuánticas, determina la probabilidad de que los electrones no sólo pueden describir órbitas circulares al rededor del núcleo, sino también elípticas. Dedúcese de esta nueva simbolización reglas importantes:

Así, los ejes mayores de todas las órbitas correspondientes al mismo piso cuántico son iguales al diámetro de la concordante órbita circular (Fig. 5), existiendo una relación cuántica sencilla entre los ejes mayores i menores. Si se tiene p.e. una órbita principal circular cuyo número cuántico sea 3, los ejes menores de las dos subórbitas tendrán solamente valores 1, 2, i las correspondientes trayectorias se designarán con un subíndice, el número *cuántico auxiliar*:  $3_1$ ,  $3_2$ , subíndice que indica el relativo valor del eje menor.



(Fig. 5)

Según consideraciones teóricas que requieren elevados recursos matemáticos, se ha llegado a establecer reglas cuantistas que permiten fijar los estados estacionarios en el átomo de H, correspondiente a la serie doble de Nos. cuánticos:

*Que solamente pueden haber dos órbitas en el piso N° 2, cuya relación axial ha de ser 2:2 i 2:1; la primera circular i elíptica la segunda. Así mismo en el piso N° 1, sólo es posi-*

ble la órbita 1:1, circular exclusivamente. Para el N° principal 3, se tendrá:  $3_1$ , circular;  $3_2$  i  $3_3$  elípticas más o menos oblongadas; finalmente, para el grado de energía 4, se tendrá  $4_1$  circular,  $4_2$ ,  $4_3$ ,  $4_4$  también elipses. En todas ellas, el eje mayor tiene la misma longitud.

En este nuevo modelo del átomo existe la posibilidad de un N° mayor de tránsitos diferentes. Así en vez del único salto o tránsito 3-2 previsto en el átomo sencillo de Borh, se tiene tres saltos, a saber:  $3_2-2_2$ ,  $3_2-2_1$ ,  $3_3-2_2$ , que darán frecuencias semejantes i desde luego rayas espectrales próximas unas de otras.

En un tránsito tal como  $3_2-3_3$ , el quantum de energía emitida  $\epsilon=h\nu$  será tan pequeña, que la raya correspondiente es difícil de observarla en el espectro.

Esta original síntesis del simbolismo atómico, que prevee múltiples i distintas trayectorias de orden elevado i que constituye la forma más moderna de la teoría de Borh, ha tenido confirmaciones extraordinarias experimentales p.e., con los espectros de los elementos de p. a. crecido, armonizando también, aunque provisionalmente, con los efectos complicados Zeeman.



En suma, todo cuanto pudiera abarcar la genial teoría de Borh-Sommerfeld i la eficacia de sus aplicaciones, no dependen sino, del principio general, que en rigor filosófico, como dice B. Russell, es la única justificación de la mecánica quantista del átomo, se refiere al principio del "*quantum de acción*". Es pues, este principio, la *esencia* de la teoría de los quanta, el instrumento más preciso i sutil para el análisis de todo fenómeno físico, quien sabe de valor universal.

Ocorre en realidad que el principio del "*quantum de acción*", afecta únicamente a átomos en acción, no de energía,



porque como se dijo ya, *acción es energía multiplicada por tiempo*.

Se ha hecho mención del fenómeno que se llama el salto o tránsito electrónico; este fenómeno, precisamente, caracteriza al "*átomo en acción*"—inspirado en las concepciones del genial Eddington, podría decir—al átomo centelleante, al átomo inquieto, del cual emana energía luminosa: el mensajero que inyecta vida renovadora al Universo, o en el cual, el quanta-luz errante i conmovedor encuentra un refugio efímero.....

"*Átomo de energía*" i "*Átomo de acción*" son como una misma agua en dos recipientes, con la diferencia de que en uno de ellos el agua siempre constante en magnitud, estaría en perfecto reposo, sin que por ello, sus moléculas dejen de moverse, mientras que en el otro, el agua en incesante agitación sufriría fluctuaciones en magnitud ya con pérdidas, ya con ganancias, de contingencias directas del mismo líquido. Lo primero simboliza al "*átomo de energía*", de energía conservada, en cuyas órbitas quantizadas giran los electrones, cada uno conservando la misma órbita; en tales circunstancias el átomo permanece como si su energía fuera de naturaleza continua i esta manera de ser del átomo fué lo único que sospecharon los físicos clásicos. Lo segundo representa al "*átomo en acción*", de energía quantizable; sus electrones estando girando en órbitas quantizadas saltan a otras órbitas mayores o menores, en virtud de ganancias por absorción de quantas de energía, que inciden sobre el sistema atómico, provenientes de otros átomos que los liberan; o en virtud de pérdidas por emisión de quanta-luz.

Los términos "*quanta de energía*" i "*quantum de acción*", significan hechos en relación de estructura i función: "*Quanta de energía*" es la unidad o conjunto de unidades de energía, vale tanto como decir, en sentido etimológico, *átomo o complejo de átomos de energía*. "*quantum de acción*", en cambio, afecta al modo de actuar del átomo como sistema energético; representa la acción discreta del átomo o mejor

dicho una "condición" que limita necesariamente el estudio cuantitativo de la energía del átomo perturbado que desde un razonamiento matemático, bien elevado, está representada por

$$\int \int dqdp \quad \int pdq = nh$$

que es la fórmula (28) abordada ya en el capítulo anterior.

Esta fórmula, como se ha dicho, es la más general para las condiciones de quantización i de ella, son casos particulares, todas las conocidas en las aplicaciones de los quanta.

Pero lo que se debe observar lógicamente en la teoría de Borh-Sommerfeld es que lejos de aspirar a un caracter de lei general, perfectamente encuadrada en el marco de los conocimientos, viene constituyendo más bien una regla general, capaz de asimilar a un solo modelo, multitud de hechos particulares, aunque en la mayoría de las veces, el simbolismo antropomórfico para cierta categoría de fenómenos resulta artificioso e inidentificable con la imagen física real de los hechos, al decir del profesor italiano Pérsico, "se asiste en esta forma al extraño espectáculo de una ciencia natural que acepta con-ciente i deliberadamente la contradicción lógica en el mismo seno de sus premisas; i a pesar de ello, se continúa deduciendo febrilmente consecuencias de las mismas, confirmadas por la experiencia".

Al referirse p. e. la teoría de los quanta al fenómeno del salto electrónico, no es que pretende explicar, el *porqué de este salto*, solamente da una regla para la consecución de este fenómeno. "La acción es la que se quantiza pero la energía es lo que se conserva".

Se sabe ciertamente, que cuando un átomo no está en disposición de absorber energía, el electrón puede saltar de una órbita mayor a otra menor, mientras que el caso contrario ocurre cuando el átomo absorbe energía de luz incidente.

Todo lo edificado teóricamente sobre la posibilidad de la determinación de los saltos desde el punto de vista espectroscópico, comparativo, entre las diversas frecuencias de los diferentes saltos, constituye únicamente un hecho estadístico nada evidente. Hasta ahora queda intangible el misterioso "*por qué*" en un cierto N° de átomos cuyos electrones están alejados de las órbitas mínimas, algunos de estos saltan en cierto momento i otros en otro, hecho que es análogo aquello de por qué ciertos elementos radioactivos se desintegran i otros no".

Surge así, perentoriamente, la evidencia de que la conducta física del Cosmos no está determinada ni puede ser determinable por la ciencia, sólo sí, se puede prever dentro de una variable forma de acontecimientos posibles i aunque ocurriera uno de tales acontecimientos no se podría precisar en qué momento, a tal punto que Sir Eddington reconoce desesperada i definitivamente, que en la acción del átomo, i por consiguiente en la del mundo físico, existe el libre albedrío, vale decir una voluntad, un *instinto* deliberativo para sus modos de actuar.

Se ha llegado al "psiquis" del mundo físico?

Quizás la ciencia de mañana se encargará de fundar una Sicología de átomo!



Empresa demasiado ardua i destinada para varios volúmenes sería intentar la exposición integral i minuciosa de todas las aplicaciones de la teoría de los quanta. En este sentido distaría mucho del objeto de la presente tesis consagrada con bases elementales a una interpretación de alcance relativamente limitado. Correspondiendo a la magnitud del presente trabajo i en uso de mi libertad selectiva, creo oportuno cerrar una etapa de la fecunda teoría de los Quanta. porque todo lo expuesto sencillamente, hasta aquí, corresponde, a las conquistas reales i más grandes que ha hecho los quanta

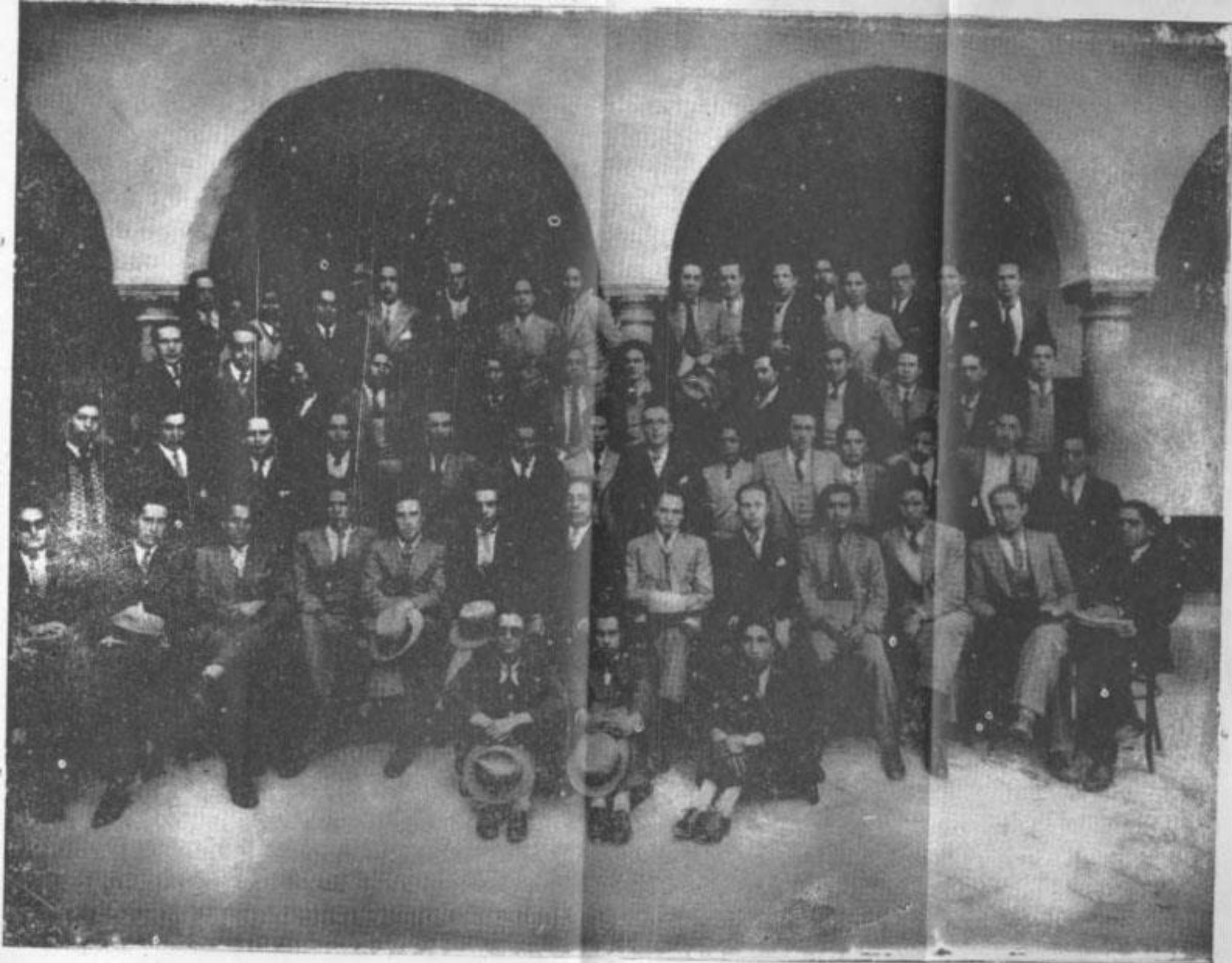
en el campo de la física hasta el año 1922. Tales conquistas son suficientes para patentizar, como se ha hecho metódicamente, la realidad de los quanta. Es así que, para evitar lo extenso que podría resultar esta tesis, omito amplios capítulos, como son: La intervención de los quanta en los espectros Rontgenianos, en el choque electrónico, en el Sistema Periódico i en los Modelos moleculares, todos interesantísimos, que inducen con valor lógico a no dudar de la eficiencia de la teoría en cuestión.

Ante todo la tendencia doctrinaria que persigo en el curso del desarrollo de esta tesis, implica una síntesis de los hechos que pongan en mayor relieve lo doctrinariamente fundamental i para esto basta lo tratado, con lo que creo haber presentado la TEORÍA PRIMITIVA DE LAS QUANTA, LLAMADA TAMBIÉN LA ANTIGUA TEORÍA QUANTISTA, para distinguirla de la nueva forma que ha tomado con las nuevas corrientes creadas especialmente por Heisenberg a partir de 1923.

FIN DE LA PRIMERA PARTE.







ALUMNOS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS CON EL RECTOR INTERINO DR. PONCE DE LEÓN.



## SEGUNDA PARTE

### CAPITULO SEXTO

**Nuevo aspecto de la teoría de los quanta con las modernas concepciones de Heisenberg.—El principio de incertidumbre. Identificación del criterio de Heisenberg con la Mecánica Ondulatoria de Schrodinger i de Broglie.—El problema de los quanta de luz i las opiniones de Lewis.—Consecuencias filosóficas de los Quanta.—Palabras finales.**

El amplio conjunto descrito a esta parte de la teoría de los Quanta, constituye únicamente un estado metamórfico de ella. Las grandes conquistas que se han hecho en el campo de la física desde el advenimiento de la Hipótesis de Planck hasta la estructuración cuántica de la acción energética del átomo i de sus tránsitos internos, condujeron el sorprendente avance de la teoría, a un nivel que podríamos llamar con mucha propiedad *metaestable*. Pero no debido a la esencia doctrinaria de la teoría, sino al plan seguido por los físicos en el estudio de los fenómenos ya descritos, en los que hacían primar al corpúsculo, como origen indiscutible de todas las modalidades de energía, en oposición a la onda.

En 1923 los partidarios de la teoría de los quanta de luz llegan a patentizar de un modo convincente la naturaleza corpuscular de la luz con el célebre descubrimiento del efecto Compton.

Al lado de todos los argumentos sólidos que se disponía con los hechos referentes a la quantización de la luz, al fenómeno fotoeléctrico, a la emisión i absorción luminosa, al choque electrónico i a la emisión de los Rayos Rontgen, el referido efecto Compton colocó en un plano de innegable realidad la hipótesis de los quanta de luz de Einstein.

Pero la virtud patentizadora del descubrimiento de Compton que supeditó la creencia en una *acción ballística* de la luz, no hizo sino detener el rápido desarrollo de la teoría de los quanta, porque si bien la teoría ondulatoria de la luz no alcanzaba a dar una explicación satisfactoria del efecto Compton, en cambio nada más acabada i eficiente es la interpretación que se hace mediante esta teoría de los fenómenos de la difracción, interferencia i polarización de la luz, ante los cuales hubo de permanecer en silencio la teoría de los quanta.

En estas circunstancias una supresión de la teoría ondulatoria era lógicamente imposible.

Qué trascendencia tendría el hablar de ondas, de longitud de onda, si categóricamente se desplaza la realidad de las ondas?

La dificultad se hace más invencible aun, a medida que se piensa en la explicación de los fenómenos de interferencia. Al efecto, para darnos un concepto de cómo pueden formarse las redes espectrales, hai que admitir inexorablemente, una acción conjunta de la luz que procede de diversas hendiduras. En un haz luminoso que incide normalmente sobre una red de difracción, debe admitirse necesariamente para comprender las interferencias, que en un instante dado el estado vibratorio es el mismo en todas las hendiduras, lo cual se establece que en todas, en un momento dado, haya una cresta de la onda luminosa procedente de un único átomo.

Sólo en estas condiciones ha de cumplirse el hecho de que, en cierto, puntos fijos, detrás de la red, puedan presentarse sin excepción, a un tiempo dado, *crestas de la onda*, mientras que en otro tiempo, se presentan *senos*.

En el caso de la teoría de los quanta, si se admite que diferentes átomos emiten granos de luz, sobre la red de difracción, sucederá que la distribución de los quanta de luz, en las distintas hendiduras, obedecerá a una lei de azar, i es sumamente difícil concebir que simultáneamente aparezcan las llamadas crestas de onda, puesto que diferentes átomos nunca emitirían a un mismo tiempo quanta de luz. En tal consecuencia para la teoría de los quanta, es inabordable el fenómeno de la interferencia.

Ante esta realidad insalvable los físicos se colocaron en un puesto dualista, admitiendo a la vez la teoría ondulatoria para la explicación de los fenómenos ópticos, i para los cambios de energía, la teoría de los quanta. Esta polarización de ideas, sin embargo carecía de nexo matemático i sólo determinó el estancamiento de la teoría de los quanta.

Hasta este nivel la teoría cuántica es únicamente un hecho provisional e incoherente con muchos fenómenos, constituyendo como bien lo llaman los físicos modernos, LA PRIMITIVA TEORÍA DE LOS QUANTA, teoría que en estos últimos años, en manos de Heisenberg, Schrodinger, Luis de Broglie, Dirac, i muchos otros, ha tomado un aspecto que ha resultado ser más perturbadora i revolucionaria como no ha podido ser ni la teoría de la Relatividad; empero probablemente se encuentra muy lejos de su forma final.

### Los nuevas concepciones

El profundo abismo que separaba las ondas de los quanta corpusculares, no pudo ser allanado, no existiendo un punto de mancomunidad entre sus propiedades.

Era necesario concebir, en estas circunstancias, algo extraordinariamente grande, i Heisenberg dió esa prueba mágica. I cual fué la fuente de inspiración?

Precisamente el efecto Compton.



Tal memorable fenómeno consiste en lo siguiente:

Cuando un haz de rayos X atraviesa una sustancia semitransparente, ocurre el caso de que se produce una acción mútua entre rayos X i los electrones de la sustancia sobre la cual inciden los rayos.

Si un rayo X p.e. dotado de elevado quanta, incide sobre un electrón "se produce tan intensa acción, que en comparación, con la misma, la pequeña fuerza que retiene al electrón junto al núcleo, es despreciable".

Ocurre pues, que los rayos Rontgen, al incidir sobre una sustancia, se dispersan por todas partes, experimentando un ligerísimo aumento de longitud de onda; a su vez los electrones sufren también oscilaciones más o menos enérgicas, según los quantums que contienen los rayos X incidentes.

Pero este fenómeno de dispersión que sufren los rayos, naturalmente no difieren en nada del fenómeno de la difracción. En este sentido, sería viable aplicar a la conducta de los rayos Rontgen, en las condiciones referidas, las leyes de la difracción de la luz. Mas no sucede así: lo sorprendente en el efecto Compton, es que después del choque que se produce entre un rayo X que es onda, i un electrón que es un corpúsculo, no aparece ni rastros de difracción, todo ocurre como si la onda fuera otro corpúsculo. Lejos de producirse una difracción de la onda, se verifica una percusión: el "*trigger action*" de los ingleses.

Sin embargo ocurre el hecho de que no pueden ser aplicables las leyes ordinarias del choque de partículas ponderables al del electrón con la onda.

El choque naturalmente es inelástico i puede normarse; por la aparición de dos direcciones (observables), una correspondiente al movimiento del electrón i otra que "compete" a la propagación de la onda. La onda rontgeniana después del choque pierde de su energía una cantidad proporcional a la velocidad que haya comunicado al electrón.

Esta pérdida de energía de la onda por encuentro con el corpúsculo ha sido perfectamente medido por Compton, llegando, en conclusión, a la misma ley de Einstein (22), que rige el efecto fotoeléctrico.

Siendo  $\nu$  i  $\nu_0$  las frecuencias del rayo X incidente i del difractado respectivamente i  $v$  i  $m$  la velocidad i masa del electrón, resulta la lei

$$h\nu = h\nu_0 + \frac{mv^2}{2} \quad (42)$$

con la cual se patentizó la naturaleza cuántica de los cambios de energía.

Aparte de esta consideración de valor inestimable para los quanta de luz, hai en el efecto Compton un detalle que generalizado después constituye precisamente la estrella polar para las nuevas especulaciones, que resultaron ser todo un prodigio.

Volvamos a contemplar cómo se verifica el choque del electrón con la onda rontgeniana.

La onda al encontrarse con el electrón se propaga en forma de un abanico, es decir que del electrón parte una onda esférica.

No sucede como en el caso del choque de partículas ponderables, choque que podríamos escenizar perfectamente con bolas de billar, con la única condición de que cualquiera que sea la índole del choque, después de producido éste, la bola incidente, así como la retrógrada, poseen la misma cantidad de energía i de movimiento, a pesar de que la retrógrada, antes del choque, sólo poseía masa en reposo.

Como conclusión importante tenemos que a pesar de tener naturaleza ondulatoria las ondas Rontgen, al chocar con los electrones, revelan poseer *inercia i cantidad de movimiento*, lo que prueba que los rayos Rontgen participan de las propiedades corpusculares.

Posteriormente en 1927 i 28 los físicos Dávison, Gremer, G. P. Thomson, Rupp i Lewis descubrieron otro fenómeno

importante que viene a ser un efecto Compton al revés. El hecho sobradamente patentizado, consiste en que si se hace incidir electrones p.e. sobre una hojuela delgadísima de oro, aquellos que incuestionablemente son corpúsculos ponderables, presentan anillos de difracción igualmente que las ondas luminosas.

En consecuencia, existe por fin, entre ondas i corpúsculos una mancomunidad de propiedades.

Este dato constituyó para Heisenberg, la valiosa clave transformadora de la teoría Ordinaria de los Quanta.

Ante todo, en la concepción iniciada por W. Heisenberg, el edificio atómico Borh-Sommerfeld, carece de significación real física porque no es otra cosa que un arbitrarismo lógico, aún cuando coincide con hechos experimentales. El fundamento de esta aseveración es el hecho tan extraño, de que aquel modelo atómico nada puede decirnos de los fenómenos anteriormente indicados o sea de la difracción anular de los electrones i de la no difracción de las ondas rontgenianas.

Algo más profundo se ha deducido de la realidad improbable de aquel simbolismo atómico: como se ha dicho en el capítulo anterior, nada sabemos del por qué del salto electrónico en función de un momento dado, i si pretendemos averiguar todavía si son observables las magnitudes referentes a los procesos que se verifican en un átomo tranquilo, llegamos de plano a la triste realidad de que es imposible siquiera suponerlas hipotéticamente.

Las trayectorias electrónicas, el período i las fases según las cuales son recorridas—elementos todos que han sido introducidos por la hipótesis de Borh,—son magnitudes indemostrables porque los recursos matemáticos tendientes al respecto se han agotado completamente. Son pues magnitudes que sirven sólo para calcular la energía que posee un átomo i la frecuencia irradiada, magnitudes que en cambio son entidades reales, susceptibles de observación directa.

Lo más que se ha podido saber con el modelo atómico de Borh i sus ampliaciones, es la acción cuántica de la energía en sus tránsitos orbitales. Un electrón es observable solamente en el salto que verifica de un nivel de superior quanta a otro de quanta inferior, o sea cuando emite luz por desplazamiento. En el caso contrario, cuando un electrón salta de un nivel inferior a otro superior, o sea cuando el átomo absorbe energía, el problema de localizar al electrón ya es un caso perdido.

Existen pues en la mecánica del microcosmos estructuras nada comparables a las del macrocosmos. Empero, en la estructura del macrocosmos hai un derroche de leyes matemáticas que han sido captadas por el hombre ya casi en su totalidad. La trayectoria del mundo más errático ha sido violada por el poder del Cálculo; pero este poder ha llegado a un límite al querer explorar las entrañas del átomo.

Acontece en el mundo pequeño fenómeno que no están de acuerdo con la lei de la causalidad. Ya se dijo en un capítulo anterior que muchos físicos han concedido al átomo cierta facultad deliberativa, especialmente, cuando se trata de la selección de instantes en el salto electrónico. De suerte que la conducta del átomo, aún en teoría, no está regida por leyes causales, i por consiguiente lo que pasa en el átomo ha de pasar en grande. La naturaleza de las cosas no están determinadas.

Tales consideraciones de carácter más filosófico que físico ha dado origen al "*principio de la indeterminación*" de Heisenberg, enunciado en 1927.

Conforme a este principio con los recursos que dispone la ciencia actual, es imposible predecir concretamente los fenómenos futuros, ni reconstruir con certeza la historia del Universo. En general si un hecho físico p.e. depende de la función simultánea de un paquete de variables, resulta que al ser tratado por la observación se incurre en un arbitrarismo, acondicionando el fenómeno, lo cual resulta un renunciamiento a una serie de variables que dependen esencialmente del tiempo.



Aun en el caso más sencillo; "una partícula puede tener posición o puede tener velocidad, pero no puede tener, en un sentido exacto, ambas"; lo que quiere decir que si se sabe dónde se encuentra, no se puede observar su velocidad con que se mueve, i si se sabe la velocidad con que se desplaza no se puede localizar su situación".

Los físicos de escuela clásica como L. V. King consideran este principio de indeterminación, llamada también de *incertidumbre*, que es un fruto únicamente de dificultades de orden práctico, teórico i experimental, corriente que en Alemania; especialmente, tiene gran aceptación i que lleva el mérito de preocupar en el afinamiento experimental a una gran falange de físicos, cuyo afán hasta el momento no ha dado a luz ningún éxito. Empero esta aspiración, quien sabe sea demasiado aventurada por que la ambición hacia un perfeccionamiento en el orden experimental físico, tendientes a la absoluta sutileza ya es un fracaso que marca un cuarto de siglo.



Asistimos, en suma, a un nuevo aspecto de la física en el que ya no encontramos la sencillez de los modelos atómicos imaginados por la alucinación científica. El átomo de Heisenberg es mucho más abstracto i complicadísimo, se aparta de todo simbolismo artificioso que no puede constituir método lógico dentro de las aspiraciones del problema del conocimiento. La concepción de Heisenberg se aproxima más a lo real porque reconoce en el átomo magnitudes reales físicas únicamente observables, que constituyen los datos, aunque pocos, pero eficaces para representarnos la imagen del mundo más cierta i con una coherencia matemática universalista.

Es por esto que Heisenberg hace un renunciamiento a toda clase de modelos, aspirando a establecer relaciones matemáticas entre magnitudes observables, que sean susceptibles de medición con gran exactitud.

A esta escala pertenecen los quantums de energía, que como los tiene demostrados, *constituyen el máximo de sutileza, que limita necesariamente el estudio cuantitativo de la acción atómica.*

Pero sabemos también que el "*quantum de acción*" pertenece indiscutiblemente ya a la acción del corpúsculo i a la frecuencia, amplitud i fase de la onda.

Constituye en este sentido el único nexo, entre corpúsculos i ondas, es decir, el único nexo matematizado entre las propiedades mancomunadas; es pues "una constante perteneciente tanto a la onda como al corpúsculo",

I precisamente con esto llegamos al punto de partida del camino elegido por Heisenberg para el desenvolvimiento de su teoría.

En rigor matemático el elemento fundamental de dicha teoría es entonces la igualdad (36) de Borh representada en términos de energía cinética:

$$E_1 - E_2 = h\nu$$

elemento que relacionando las magnitudes directamente observables ha dado lugar a la más sorprendente teoría denominada *Mecánica de los Quanta o Teoría de las Matrices*, cuya técnica hoy se halla solamente en manos de contadísimos cerebros.

Por consiguiente, siendo por el momento difícil abordar la teoría con la debida técnica, me concretaré a hacer algunas referencias en lenguaje no matemático.

A propósito de la mecánica cuántica, dice el notable sabio Bertrand Russell:

"Las frecuencias -i también la acción corpuscular- que pueden ser objeto de observación son siempre diferencias entre dos *términos*, cada uno de los cuales viene representando por un No. entero. Llegamos así a la representación del estado de un electrón por una serie infinita de números, que vienen dados

por una matriz. Si  $T_n$  i  $T_m$  son dos términos, una frecuencia observable (en teoría) será  $\nu_{nm}$ , siendo:

$$\nu_{nm} = T_n - T_m$$

Los números tales como  $\nu_{nm}$  (de los cuales hai una doble serie infinita son las que caracterizan al átomo, en la medida en que puede ser estudiado)".

En consecuencia el átomo viene a ser representado por los términos dispuestos en un rectángulo infinito o matriz.

Una de las particularidades, dice el mismo autor, es que en la teoría de los matrices, se construye un álgebra que difiere del álgebra corriente, en un detalle, en que la multiplicación no es "conmutativa".

Por otra parte, a medida que los Nos. cuánticos se hacen mayores, se aproximan a la diferenciación.

La mecánica cuántica se enlaza perfectamente a la mecánica clásica; en tal circunstancia, es aplicable a movimientos periódicos i aperiódicos; cualidad que destruye todo sentido de distinción entre movimientos quantizados i no quantizados.

Obedece a esta última condición plástica de los quanta mecánicos, el éxito de tratar válidamente cualquier movimiento posible, consiguiéndose así una significación más universal i definida en el problema del movimiento.

El fundamento dimensional i cinemático de la teoría en cuestión es todavía algo más intrincado. El quantum de acción de acción  $h$  interviene en la moderna mecánica del átomo no como una constante sencilla, sino *que decide la creación de una quinta dimensión sobre nuestra imagen tetradimensional del espacio-tiempo einsteiniano.*

La interpretación de la teoría, en tal consideración ha resultado ser demasiado problemática i todo esfuerzo literario a este propósito es inútil.

Dónde está la clave de la solución de los conflictos a que había llegado la Primitiva Teoría de los Quanta?

En primer lugar, es necesario recordar con Einstein, *que en las inmediaciones de la materia se produce espacio no euclidiano*, pero con los *cuanta* hemos de admitir, *que este espacio no euclidiano, ha de ser discontinuo*, es decir que ha de contener una serie de acontecimientos discretos i periódicos, cuyas propiedades, han de responder al significado profundo de la acción  $h$ . Al haberse tratado al átomo en un espacio ordinario, en la teoría de Borh, se ha consumado un renunciamento a una serie de dimensiones físicas, cuyo resultado matemático resultó no solamente deficiente sino absurdo.

Con la teoría de Heisenberg, se ha sustituido el espacio vulgar tridimensional con un grupo de magnitudes físicas, que en parte proceden de la teoría de la Relatividad i en parte de la misma concepción cinemática de la acción  $h$ , todas magnitudes bien definidas que son capaces de representar *cual era* la posición del electrón, ya se trate de un electrón interior o exterior, desapareciendo así, la distinción que se venía estableciendo con la teoría de Borh, de los movimientos periódicos i aperiódicos.

En segundo lugar, manteniéndose de facto, la teoría corpuscular en sentido ponderal, cuya mecánica creó naturalmente los movimientos fijos hipotéticos, carentes de realidad física, se llegó a la construcción en el modelo atómico, de órbitas geométricas en un espacio constante. La nueva teoría, en cambio, despreciando el significado físico de estas órbitas imposibles de determinación exacta, introduce una cinemática completamente extraña, según la cual *las órbitas no cuantizadas son geométricamente imposibles*; surge así una nueva condición de cuantización de los acontecimientos orbitales, que se ajustan a la propiedad real del quantum, sin máximas ni mínimas, siendo más importante que la identificación de la historia mecánica del corpúsculo, la acción de éste para la medida de energía, siempre cambiante, entre átomo i átomo. "Un cálculo complejo, sólo de valor lógico, asimila el movimiento no identificado del corpúsculo a una fórmula in



ble, que resuelve las dificultades que se habían creado entre movimientos cuantizados i no cuantizados".

I en tercer lugar, la teoría de los Matrices concibe las ondas como acontecimientos, que se presentan ante el observador, inseparablemente asociados, de acción casi compresente, cuyos intervalos son de "*pseudoespacio*". De aquí que cuando una onda luminosa, p.e., encuentra a un observador o a un trozo de materia, se manifiesta como una serie de acontecimientos de acciones compresentes para una "*acción*" completa "*h*", seguida de otra serie al cabo de una *trans-acción* (cambio de quanta en que la energía pasa de un sistema a otro) i así continuadamente, por no decir sucesivamente, porque el intervalo entre cada *trans-acción* es *pseudoespacio*; de manera que las ondas p.e. luminosas forman una serie espacial que implican *continuidad aparente*, que se traducen en acciones cuánticas en colisión con la materia, discretas aunque probablemente súbitas. Llegamos por fin a la convicción de que se han salvado las pugnas cada vez más agudizadas, en la teoría ordinaria, entre ondas i corpúsculos, ésto en un concepto de acción energética cuantizable, pero no legítimamente en la esencia de la naturaleza de la misma energía, problema que aun está sin resolver.

Paralelamente a la acción verificada por Heisenber, en 1924, Luis de Broglie funda también una nueva teoría de los Quanta, basada en la naturaleza ondulatoria de la materia. Según dicha teoría el punto material es concebido como una singularidad en la onda. Es en esencia el punto de partida de esta nueva teoría llamada *Mecánica Ondulatoria*, la significación más real física de la onda, concepto que ha hecho todo lo posible por asimilar la concepción corpuscular a la concepción ondulatoria considerada como más fundamental; i es porque las radiaciones que nosotros creemos que proceden del átomo, en verdad tienen mayor significación que el mismo átomo, además los mismos corpúsculos materiales, en la Naturaleza, están siempre ligados a un movimiento ondulatorio.

Según estas consideraciones el quantum de acción  $h$  en función de la masa  $\mu$  de un electrón i de la velocidad  $c$  de la luz, elementalmente queda representada por

$$h\nu = \mu c^2 \quad (44)$$

En esta ecuación, determinada la masa  $\mu$  de los electrones i núcleo, se puede calcular  $\nu$  (vibraciones) i desde luego el propio valor de la constante  $h$ .

Posteriormente, Schrodinger ha dado mayor impulso i trascendencia a esta teoría, ampliándola en un sentido matemático que ha alcanzado una técnica admirable i una concordancia con los hechos experimentales.

Así la interferencia i dispersión de la luz han sido explicados eficazmente en función de los quanta ondulatorios.

La clave que debe considerarse como la más fundamental en el orden físico-matemático de la teoría, es la ecuación descubierta por Schrodinger, de *una onda de fase asociada a un electrón libre*, ecuación que sienta como principio que no existe diferencia alguna entre lo que se llama un paquete de ondas i el mínimo corpúsculo material.

Sin duda alguna la ecuación en referencia constituye en el aspecto matemático-físico una eficiencia excepcional de los nuevos métodos de investigación de la Física moderna, en realidad la ecuación enlaza, dando coherencia admirable, a la *Mecánica Clásica* con la *Teoría Ondulatoria* i la *Mecánica de los Quanta*. Por ésto vale la pena de esforzarse en su interpretación matemática, aunque su deducción demanda un dominio completo de las tres disciplinas de la Física, ya mencionadas, además de una vastísima técnica matemática. Aquí la deduciré bajo un razonamiento a saltos, dado el carácter sintético de la obra:

La ecuación (43) nos dice también que la energía cinética es igual a la diferencia de energías ( $h\nu - h\nu_0$ ), por tanto

$$E = h\nu - h\nu_0$$

pero, cuando la velocidad,  $v$  con que se mueve el mínimo corpúsculo es muy grande, próxima a la velocidad de propagación  $c$  de la luz, la energía cinética toma otro valor, en función de la masa  $\mu_0$  en reposo de dicho corpúsculo, según la fórmula:

$$E = \frac{\mu_0 c^2}{\sqrt{c^2 - v^2}} - \mu_0 c^2 \quad (I)$$

en la que  $\mu_0 c^2 = h\nu_0$ , de acuerdo con (44), cuyo valor tiende hacia cero cuando  $v$  se aproxima a  $c$ , de modo que podemos despreciar; entonces:

$$h\nu = \frac{\mu_0 c^2}{\sqrt{c^2 - v^2}}$$

Racionalizando:

$$h^2 \nu^2 = \frac{\mu_0^2 c^4}{c^2 - v^2} \quad (II)$$

Ahora, teniendo en cuenta la relación establecida por Rayleigh de las velocidades  $v$  de movimiento de un "*electrón libre*" i de la  $V$  de la "*onda de fase*", en términos de la velocidad de la luz  $c$ , se tiene que  $vV = c^2$  con la cual, la ecuación (II) toma la forma

$$h^2 \nu^2 = \frac{\mu_0^2 c^4}{c^2 - V^2}$$

escribiendo de otra manera

$$\frac{1}{V^2} = \frac{h^2 \nu^2 - \mu_0^2 c^4}{c^2 h^2 \nu^2} \quad (III)$$

Por otra parte, si tenemos en cuenta que  $\frac{1}{V^2}$ , toma parte en la ecuación de las cuerdas vibrantes de Maxwell, según  $\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = \frac{1}{V^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2}$ ; reemplazando en tales términos el valor de  $V$  en (III), se tiene

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = \frac{h^2 \nu^2 - \mu_0^2 c^4}{c^2 h^2 \nu^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2}$$

o también

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = - \frac{\mu_0^2 c^4}{h^2 \nu^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} \quad (\text{IV})$$

Además, valiéndonos del razonamiento de Hamilton-Jacobi según el cual  $\frac{1}{V^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = - \frac{4\pi^2 \nu^2}{V^2} \psi$ , resulta también que

$\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = - \frac{4\pi^2 \nu^2}{c^2} \psi$ , por consiguiente (IV) se transforma en

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} - \frac{4\pi^2 \mu_0 c^2}{h^2} \psi \quad (\text{V})$$

ecuación que viene a ser ya un caso particular de la célebre ecuación de propagación de la onda asociada a un electrón libre sustraído a toda influencia externa, o ecuación diferencial de Schrodinger, que se conoce bajo la forma:

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial u^2} = 0 \quad (45)$$

(El parámetro  $\Psi$  depende de tres coordenadas:  $x$ , ( $ict$ ) i  $u$ )



El principio de la Indeterminación de Heisenberg ha sido tomado también por la Mecánica Ondulatoria como un hecho que no admite ya dudas, i como un fundamento que ha decidido el éxito de la teoría, como bien lo dice Marcell Boll en su novísima obra: *L'idee generale de la Theorie Ondulatoire*, 1932. (\*)

En definitiva esta teoría que a un principio eligió un punto de partida completamente distinto del elegido por Heisenberg, ha resultado ser la misma en el orden lógico i hoy día ambas tendencias se complementan en sus dilucidaciones teóricas i descubrimientos matemáticos.

Pero apesar de ello i aun estando debidamente comprobados, tanto lo atomístico de la onda como lo ondulatorio del corpúsculo, surge un problema bifásico, de cómo la onda alcanza su caracter atómico i cómo el corpúsculo material participa del caracter ondulatorio. A decir del profesor Wulf, cuando esta pregunta tenga acertada respuesta quedarán esclarecidos todos los enigmas que hoy conservan los fenómenos ópticos i los secretos misteriosos del conjunto universal.

## El problema de los quanta de luz i las opiniones de Lewis

Ante todo, por lo que afecta a los quanta en general i como una conclusión profunda i necesaria me detendré, en esta parte, a recalcar la significación universal de la constante  $h$ , a saber:

1º— *$h$  implica periodicidad i es una característica de un período completo.*

---

(\*) Próximamente saldrá la edición castellana de la obra citada, traducida del francés por el autor de esta obra; i como introducción a aquélla, eminentemente superior i acabada en el orden matemático, se permite recomendar la lectura de la brillante Tesis sobre Mecánica Ondulatoria del señor Oswaldo Baca, que alcanzará publicidad en el próximo N° de la Revista Universitaria del Cuzco, correspondiente al segundo semestre de 1934.

2º— $h$  solamente se produce en la acción energética del átomo en múltiplos enteros de sí mismo. No es posible admitir fracciones de  $h$ .

3º— $h$  o su múltiplo entero, interviene en la pérdida o ganancia de energía de un sistema, en una transacción. Entre dos sistemas la energía siempre se trasmite en magnitud inalterada que depende de  $h$ . La energía que pierde un sistema la gana otro i se conserva.

4º—En el orden cinemático de una acción energética  $h$  es una magnitud dimensional que penetra en lo más profundo del fenómeno físico.

5º— $h$  es el límite de la medida observable según el principio de la indeterminación; i

6º—Para la Mecánica Ondulatoria  $h$  es igual a la distancia espacial entre el comienzo i el final de una onda multiplicada por la energía de la onda.

Estas conclusiones referentes a  $h$  pueden servirnos como introducción al nuevo aspecto que toma el problema de la luz con las interesantísimas opiniones de Lewis.

Trataré, en esta parte, de los quanta de luz, en una forma especial, dejando aparte las soluciones dadas por la teoría de Heisenberg i por la Mecánica Ondulatoria, soluciones que tienen únicamente un valor lógico. Además me desplazaré al nivel anteriormente expuesto de que la teoría ondulatoria se encuentra en la dificultad de no poder explicar el célebre efecto Compton i por otra parte, que la teoría cuántica de la luz no sepa decirnos nada del fenómeno interferencial.

Existe un hecho inexplorado entre las ideas emitidas por una u otra teoría, i es que, como dice el párrafo del Dr. Ellis, mencionado por Russell (pág. 136, Análisis de la Materia) "que mientras todas las teorías se dirigen a dar una explicación de la propagación de la luz, sugiriendo una que se realiza por medio de ondas i la otra por medio de corpúsculos, todavía no se haya observado jamás la luz en el espacio vacío. Es completamente imposible observar luz en el curso de su

propagación; los únicos hechos que puedan estudiarse son la emisión i la absorción de la misma. Hasta que encontremos algún átomo que absorva la radiación, debemos considerarnos ignorantes de su existencia. En otras palabras, la dificultad de explicar la propagación de la luz reconoce por causa el que intentamos explicar una cosa de la que no tenemos evidencia experimental. Sería más correcto interpretar los hechos experimentales de modo completamente directo i decir que un átomo puede transferir energía a otro átomo, aunque estén distantes uno de otro en forma análoga a como se realizaría al entrar en colisión entera".

El profesor americano Lewis encaminándose a la resolución de la dificultad chocante descrita, propone que se debe tomar, como principio fundamental, en primer lugar, *que el intervalo entre dos partes de un rayo de luz es cero*. En tal consideración el punto de partida i el punto de llegada puede suponerse en contacto.

En segundo lugar, i esto es precisamente lo original que propone el profesor Lewis, que la luz es transportada por corpúsculos de un "tipo nuevo", que denomina "*fotones*".

Estos fotones, son algo así como paquetes de energía que participan del carácter ondulatorio sólo en cualidad i del corpuscular casi en esencia; de lo primero cuando trasmite luz i de lo segundo cuando constituye parte estructural del átomo. Creo que debe interpretarse así lo que es un *fotón*, aunque diste o no del concepto original en que lo tiene el prof. Lewis.

El *fotón* juega un papel de continente de energía en un estado no perturbado del átomo i de generador de radiación luminosa en estados transitorios del mismo átomo.

"Cuando la luz irradia, lo que sucede es que el fotón se mueve".

I las propiedades que Lewis concede al fotón son estas:

1°—El fotón no es luz, pero desempeña un papel primordial en toda radiación.

2°—Toda energía radiante es transportada por fotones, pudiendo distribuirse esta energía en cada fotón según las condiciones en que la emite un sistema, en más o en menos.

3°—Todos los fotones son intrínsecamente idénticos.

4°—La energía de un fotón aislado, dividida por la constante de Planck da la frecuencia del fotón.

5°—Todos los fotones se asemejan en una propiedad que tiene las dimensiones de la acción o momento angular i es invariante respecto a una transformación relativista.

6°—La condición de que la frecuencia de un fotón emitido por un determinado sistema, sea igual a una frecuencia física existente dentro de éste, no se cumple por lo general, pero está tanto más próxima a cumplirse cuanto más baja es la frecuencia.

Naturalmente me abstengo de hacer demostraciones de todo lo expuesto, porque no dispongo de bibliografía de carácter técnico al respecto, sólo si hasta el momento conozco de esta teoría exposiciones cualitativas i cualitativamente hablaré de ella.

Es difícil, por el momento, prever las magnitudes del desarrollo de esta teoría que emite Lewis; mas por de pronto se perfila en un orden radicalmente revolucionario.

Uno de los alcances de la teoría, es que nos da una imagen de que nada acontece con la luz, entre su emisión por un átomo i su absorción por otro. Es decir que cualquiera que sea la distancia entre dos sistemas, la luz llega del uno al otro, en un estado de "puridad", sin duda, gracias a la invarianza que goza un fotón respecto a una transformación relativista.

En otro aspecto esta teoría nos proporciona la imagen cinemática pero instantánea de la luz propagada en el espacio, ya que el punto de partida de un haz luminoso de rayos i el punto de llegada se conciben en contacto. De manera que resultaría improbable la existencia de la luz en el espacio vacío i el punto de objeción del Dr. Ellis a cerca de la realidad inexplorada de la luz en el espacio vacío carecería de importancia.



Otro alcance importante de la teoría es que afecta la existencia de ciertas entidades que se admite tradicionalmente en la física; el éter, en primer lugar, resulta innecesario, ya que nada tiene que hacer con la propagación de la luz, ni mucho menos podría explicarnos de los acontecimientos gravitatorios de la luz, ésto en sentido relativista. En segundo lugar, el espacio vacío queda descartado ya que su existencia sólo servía para explicarnos de la propagación de la luz con cierta velocidad. No hai más éter que el campo vibratorio propio de los fotones, ni más espacio vacío que el espacio granular fotónico, lleno de una serie de acontecimientos sin más intervalos entre cada uno de ellos que el pseudo-espacio.

Por lo demás, resulta peligroso poner en juego de apreciación lógica el sentido común. Nuestra escuela debe ser la de abandonar todo prejuicio hereditario, i el que no se culturice en este sentido, i se da por invitado a participar en el escenario de la ciencia, naturalmente desempeña un papel de cretino.

Ciertamente las sugerencias de Lewis pueden obligar a que de nuevo se edifique la física que demandaría quien sabe mucho tiempo; las nuevas proyecciones que surgen del examen de esta teoría i las que surgirían todavía, si acaso sometiéramosla a un riguroso análisis lógico, conducen a que se estime así, aunque sus intrincadas complicaciones sean necesarias o estén demás.

Muchas veces en el debate teórico de la física suelen aparecer teorías insulsamente complicadas, pero hai que distinguir la conveniencia de una teoría no por su sencillez sino por su armonía con la buena lógica i con los resultados experimentales del conjunto de fenómenos que pretende explicar. *La sencillez no es un patrimonio de la Naturaleza solamente lo indispensable.* Ocurre sin embargo que muchas de las teorías físicas de caracter complicado i elevado como lo es la Relatividad de Einstein, no tienen aceptación de parte de los espíritus simplicistas, como ha ocurrido con ciertos filósofos de lógica aristotélica que desechan dicha teoría por insulsamente complicada.

Me ocuparé ahora de bosquejar cuales son las conveniencias i discrepancias de esta teoría con algunos datos fundamentales de la física moderna.

Las nuevas posiciones que se proyectan respecto a la estructura universal para la explicación de los quanta de luz son los siguientes:

*El Universo es un complejo de sistemas materiales más o menos distantes que poseen diversas cantidades de energía. Esta se trasmite por disrupción entre uno i otro sistema casualmente, mediante mensajeros (fotones) que no conocen el tiempo.*

*La luz no puede radiarse en el vacío, necesariamente tiene su destino, i este destino es un sistema, que juega un papel de parte coordinada i simétrica respecto de aquél de donde procede la radiación lumínica. No puede un sistema radiar luz mientras no haya otro sistema destinado a absorber dicha radiación. Sucede algo así como con nosotros que no podemos conversar mientras no tengamos en frente un interlocutor.*

De modo que toda la radiación que se ha producido, que se produce i que se producirá en el Universo ha sido, está i será predestinada. Los viajeros quanta-luz transmitidos o mejor dicho transportados por los fotones no podrán extraviarse en su viaje, por muy desconocido que sea el camino, porque les aguarda sólo uno, fatalmente, hasta el punto determinado d<sup>o</sup> destino.

Quizá esta consideración sea un argumento poderoso en favor de la concepción que lanzó Einstein de que el Universo es limitado i que p.e. si un viajero emprendiese una gira en línea recta, supongamos de la Tierra, al cabo de un tiempo infinitamente grande llegaría al punto de partida, aunque la Tierra en ese lapso habría pasado muchas veces por el estado de nebulosa.....

(En tal evidencia el ciclo de materia i energía estaría resuelto).

En cuanto al hecho de que la luz pasaría inmediatamente de un sistema a otro porque los conductores (fotones) son instantáneos, surge una dificultad casi insalvable. No nos podría explicar la teoría de qué clase de realidad es aquella de que la luz necesita un tiempo p.e. para un doble recorrido desde un reflector a otro i su regreso al mismo de donde fué reflejado, lo cual no es nada convencional ni arbitrario. (Experimento de Foucault).

Se hace pues urgente admitir para que sea válido el tránsito instantáneo de la luz, que exista una misteriosa atracción a distancia de parte de un sistema absorvente, lo cual estaría en pugna con las leyes tan eficientemente demostradas por Einstein en su teoría de la gravitación.

I finalmente descubro también una dificultad fundamental, i es que cómo se las arregla Lewis si sostiene que la luz llega de un sistema a otro, sin pérdida de energía, o en "pureza" merced a la invarianza del fotón, existiendo el hecho demostrado perfectamente por Einstein en el efecto tan célebre que lleva su nombre i que consiste en el aumento de longitud de onda i la correspondiente disminución de frecuencia de la luz, a consecuencia del intenso campo gravitatorio que han de atravesar los rayos para propagarse en el espacio.

Einstein demostró mediante su teoría de la relatividad, pero también se puede demostrar mediante la teoría de los quanta—que como se ha afirmado es siempre muy fecunda i ningún problema referente a luz escapa a su intervención.

Para dicho efecto Einstein, se razonará del siguiente modo:

"El átomo estelar emite también el mismo quanta de energía  $h\nu$ , que un átomo terrestre; pero éste cuando ha de gastar parte de su energía para escapar a la atracción de la estrella, la energía de atracción es igual a la masa  $h\frac{\nu}{c^2}$  multiplicada por el potencial gravitatorio  $\Phi$  en la superficie de la estrella. Por consiguiente, la energía disminuida después de la evasión del quanta es  $h\nu \left(1 - \frac{\Phi}{c^2}\right)$ ; i entonces ésta debe for-

mar también un quanta  $h\nu'$  la frecuencia ha cambiado al valor

$$\nu' = \nu \left[ 1 - \frac{\Phi}{c^2} \right] \quad (46)$$

Así el desplazamiento  $\nu' - \nu$  es proporcional a  $\Phi$  es decir a la masa dividida por el radio de la estrella".

Este razonamiento nos demuestra que no puede mantenerse la "puridad" de un rayo luminoso propagándose de un sistema a otro. En el caso presente la "puridad"—si por "puridad" hemos de comprender con Lewis que nada pasa con un rayo luminoso durante su transferencia de un sistema a otro—de un quanta de luz sólo puede referirse al nuevo quanta que se forma después de la pérdida de energía que experimenta la luz en la evasión. Pero este desplazamiento implica velocidad de propagación, lo cual no estaría admitido en la teoría fotónica de Lewis. Lo que pasaría mas bien, con el nuevo quanta de luz es que, tal vez, pueda sufrir un aumento de energía al caer bajo la acción gravitatoria del otro sistema al cual se haya propagado; en este caso si el aumento de energía que experimenta la luz en el nuevo campo gravitatorio es igual a la pérdida que sufrió en su evasión, la energía inicial estaría restituida i sólo en este caso podemos decir que nada ha pasado con la "puridad" de la luz. Mas esta probabilidad exige que los campos gravitatorios de todos los sistemas sean iguales, lo cual sería inadmisible.

En conclusión, dejando a un lado las dificultades que se ofrecen para esta teoría fotónica, representa una nueva imagen de la luz, más o menos viable, pero poseedora de un alto mérito por su tendencia a borrar el eterno lío entre ondas i corpúsculos, en primer lugar, i en segundo, por aspirar a demostrarnos la no existencia del éter, ese talismán precioso i lleno de milagros tan usado por los físicos, i del espacio vacío, aspiraciones todas que están en favor de la teoría cuántica corpuscular de la luz, aunque el concepto rígido i eminentemente balístico del corpúsculo sufre en esta nueva teoría una mitigación profunda.



## Palabras finales

Mirando retroverso sobre todo lo edificado con la fecunda Teoría de los Quanta, llegamos al convencimiento de que cuan poderosa i sorprendente ha resultado la visión clara de una absoluta minoría del pensamiento científico.

Treinta años de desarrollo de esta bienvenida teoría, como decir el prólogo del siglo XX, ha causado en el orden científico cambios radicales mucho mayores que los ocurridos desde el tiempo de Galileo.

Sin embargo el conjunto de la física no ha alcanzado hasta hoy un sentido de unificación perfecta; porque tanto más velozmente quiere aproximarse a su meta, cuanto más nuevos hechos alejan de su forma final.

Es así que los fenómenos cuánticos i la existencia de los electrones i protones son en la actualidad, nada más que lineamientos groseros de la realidad del mundo físico. Desde hace poco ya se perfilan aun, sutilezas de investigaciones profundas que nos hacen pensar que los *electrones* i *protones* no son los corpúsculos más elementales que existen en la Naturaleza, todavía participan de una relativa complejidad. Así el "*neutrino*" descubierto por Pauli, aparece como un nuevo corpúsculo constituyente fundamental de la materia i que juega papel importante dentro del sistema del *Protón*; el *positrón* i el *negatrón* de Dirac, cuyas existencias ya son admitidas en la ciencia, son otras modalidades corpusculares que acoplados desempeñan funciones complicadas en el campo electro-magnético i quizás sean los elementos del *fotón* de Lewis. Bajo estas nuevas entidades físicas de nuestro Universo energético-material, el porvenir de la Física se proyecta extraordinariamente colosal! I no será pura presunción, que dentro de pocos años hemos de llegar a una armonía unificada de la física, sin reservas i sin vaguedades.

Para tal excelsa empresa hai que reconocer de antemano que los mayores triunfos, en el campo de la física, pertenecen a la teoría de los Quanta i podemos ya asegurar por sus grandes consecuencias, que en un futuro próximo ella conseguirá penetrar en lo más profundo de la naturaleza de la materia i de la energía. La teoría de Heisenberg, p.e., es demasiado reciente en lo que toca a los electrones, sin embargo, hemos constatado que es lo mejor que existe en el orden lógico de la física.

Por el momento, i para orgullo de la teoría de los quanta, tenemos que casi todos los conceptos sobre entidades que ofrecían inmensa dificultad para aproximarse a un sentido más homogéneo del mundo físico, arraigados en la física tradicional, han sufrido bajo la acción analítica de los quanta, una quiebra profunda,

Así, p.e., el concepto de periodicidad tradicionalmente ha sido cuestión del movimiento: un cuerpo describe el mismo recorrido en el espacio una i otra vez. Con el advenimiento de la relatividad se ha modificado ya en algo esta concepción; porque en el espacio-tiempo todo punto tiene una fecha i no puede ser ocupado por segunda vez, i ahora la concepción cuántica define que periodicidad es un proceso coordinado cuadridimensionalmente según la relatividad pero definido por  $h$ .

En segundo lugar, los cambios de quanta, aunque de ellos no se sabe todavía si son súbitos o no súbitos, han violado la continuidad clásica de la materia i energía, destruyendo totalmente sus ventajas como representación imaginativa.

I de esta violación surgen una serie de tipos de acontecimientos físicos completamente nuevos, insospechados por la física tradicional. En vez de la única realidad mecánica de la materia en movimiento, que por ahora ya no puede ser mantenida en pie, tenemos que tratar con nuevas realidades, como son:

Los llamados "*acontecimientos fijos*", que son magnitudes desprovistas de estructura física i que sirven de relación entre dos puntos, que tienen por intervalo un pseudo-tiempo. Implica un sentido abstracto en la física.

Los "*ritmos*" que son los ciclos repetidos de acontecimientos, en los cuales existe una semejanza cualitativa entre los miembros correspondientes de los distintos períodos. Así un proceso rítmico es la revolución de un electrón al rededor del núcleo, que puede ser alterado por un cambio de quanta. El "*ritmo*" está caracterizado por una constante cantidad de energía; por tanto, una característica del ritmo es la frecuencia.

Finalmente, las "*trans-acciones*" son acontecimientos físicos que significan cambios de quanta. Llevan este nombre porque en ellas se verifica una transferencia de energía entre diferentes procesos; tales procesos tienen que estar caracterizados por un período, sólo así pueden responder de los quanta. En sí una *trans-acción* es pues el quantum de acción que se origina durante un período, pero como esta acción físicamente hablando acontece necesariamente entre dos sistemas conservando la energía en una transferencia se ha convenido en llamar con exactitud con la palabra "*trans-acción*".

**Causalidad i leyes causales.**—Causalidad en física sólo se puede expresar en lenguaje de alta técnica, es decir matemáticamente; mientras no empleemos esa técnica, el concepto de causalidad nos parecerá demasiado metafísico, pero en nuestro lenguaje ordinario se puede definir aproximadamente diciendo: *que es una relación intrínseca entre dos acontecimientos en diferentes tiempos*; afecta pues a lo más íntimo de un fenómeno físico, i en sentido amplio relativista es una relación que abraza todas las leyes que asisten a los acontecimientos separados por intervalos que son *pseudo-tiempos*; según esto la causalidad se concibe en la relatividad ocupando un punto en el espacio-tiempo, punto que es capaz de formar la "*biografía*" de un fenómeno, este fenómeno que es entonces una serie de

puntos causales resulta ser una *línea causal*. Por muchas consideraciones de alta física la "biografía" de un punto material, p.e. del electrón viene a ser una línea causal llamada también "*línea del Universo*". Todo lo que existe en el Universo sigue una línea de Universo, particular para cada entidad i estas líneas pueden interferirse. Así dos acontecimientos pueden ser *co-puntuales* porque sus líneas se han cruzado coincidiendo en espacio i en tiempo. Dos líneas o más también, pueden interceptarse de tres maneras: en tiempo i en espacio, en tiempo, i en espacio. En el primer caso se dice que dos acontecimientos son *co-puntuales*; una palabra monosílaba p.e. nos da la idea de la co-puntualidad porque dos acontecimientos, las letras, leídas de una sola ojeada representan una idea lógicamente, en la que gráficamente, asisten dos signos, cuyo efecto físico es una *co-puntualidad*; en el segundo caso, es decir cuando dos líneas causales coinciden en tiempo, entonces aparece la "*compresencia*", así si una onda luminosa i otra de sonido inciden sobre nuestros sentidos al mismo tiempo son compresentes en tiempo i el intervalo entre estos acontecimientos es de *pseudo-tiempo*; finalmente, en el tercer caso surge también una *compresencia en espacio*, p.e. dos partes de un haz de luz se encuentran a una misma velocidad; sus elementos son acontecimientos que tienen *extensión temporal*, cuyos intervalos son de *pseudo-espacio* ya que no existe en la Naturaleza un fenómeno más veloz que la luz.

Creo que con estas definiciones ya estamos a punto de enfocar lo que pasa con la *causalidad* i los *quanta*: las definiciones anteriores, todas expuestas con exagerada elementalidad, nos dan la idea de la reconstrucción de la "biografía" de un fenómeno, o propiamente el *proceso causal*, proceso que recae en un funcionalismo continuo del tiempo i del espacio, consecuencia justamente sostenida por la teoría de la Relatividad. Surge en este estado de cosas una dificultad chocante entre la causalidad i sus derivados con el nuevo tipo de acontecimien-



tos físicos llamados *trans-acciones*, que si se les concede realidad, hemos de admitir también que el movimiento, el espacio i el tiempo han de ser discontinuos. Esto implica, naturalmente, que se someta a una revisión lógica la materia prima de que están hechos estos atributos del Universo, es decir la *causalidad*. Las *leyes causales* de las *trans-acciones* nos demuestran que son acontecimientos todos *co-puntuales* i siendo cada *trans-acción* una serie de acontecimientos *co-puntuales* discontinuos, una *serie co-puntual* no puede ser *co-puntual* con otra serie i aquí se fragmentan las líneas causales i surge la necesidad de admitir, o por lo menos de inventar, la *subitaneidad* de la causalidad en sentido discontinuo. Merece pues desarrollar una hipótesis discontinua del espacio i del tiempo. La teoría de los quanta no es apropiada para intentar una teorización al respecto, porque los quanta afectan con más propiedad la causalidad extrínseca del Universo, como veremos luego. Sólo una síntesis de los quanta con una teoría modificada de la Relatividad podría ser aparente a lo propuesto i aun se sabe que Einstein i muchos otros se esfuerzan por armonizar las dos corrientes en referencia con la causalidad, pero hasta hoy parece que no se ha conseguido ningún resultado favorable.

En cuanto a las *leyes causales* sí, la teoría de los quanta se ha colocado en un plano ventajoso, en el aspecto "extrínseco". Llámase "*lei causal "extrínseca"*" "a cualquiera fórmula en que aparezca una porción de materia ejerciendo su influjo sobre el comportamiento de otra". Pero en el sentido clásico las leyes causales extrínsecas se desprendían en una tonalidad ontológica, cuyo conjunto constituía un principio ordenador, unificador, regulador i conservador—con alto sentido ético i estético—del Universo. La causalidad extrínseca en este sentido resultaba ser una fuerza extrafísica, pero con visos espaciales i temporales, de la cual son perfectas imágenes las mónadas herméticas de Leibnitz i el mamífero étero-gaseoso

de Haeckel, que según éste, nutre al Universo con admirable e igual prodigio maternal. Con Einstein la *causalidad intrínseca* aparece en cada uno de los puntos del Universo, hasta entonces ninguna Filosofía había concedido una auto-causalidad al Universo: todo parecía comportarse pasivamente bajo un poder misterioso extrafísico; la materia era un cadáver para poder ser tan manatural i tan errática!.... Volviendo a las *leyes causales extrínsecas*, tenemos como ejemplo de ellas la gravitación, porque relaciona influjos entre sistemas materiales. Pero la aparición de las leyes de los quanta ha determinado un monopolio de la causalidad extrínseca como exclusiva suya, porque los quanta resultan ser con más propiedad los hilos misteriosos de la interacción de los sistemas materiales, los únicos relacionadores, unificadores, reguladores, destructores i reconstructores del Universo. Siendo este un complejo de sistemas materiales más o menos distantes, en cada uno de ellos nada ocurriría, mientras no les haya importunado su sueño profundo, los mensajeros quanta. Las *trans-acciones* son en este caso los acontecimientos físicos encargados del cumplimiento de las leyes causales extrínsecas. En rigor científico esto de que los quanta de acción sean los únicos conectadores de energía entre los sistemas materiales, no es una pura teoría, sino una realidad paternizada experimentalmente por la emisión i absorción de la energía entre dos átomos, realidad en la extensión absoluta, sin lugar a objeciones.

Conforme a esta escala, por qué no suponer que un campo gravitatorio sea también de naturaleza cuántica? Naturalmente es aventurado imaginarse tal cosa, pero ya existe aun la tendencia a sintetizar la teoría de los quanta con la gravitación i el electromagnetismo, i el problema a resolver no depende sino de los resultados a que deben llegar los ases de la física como Einstein, Weil, Heisenberg, Eddington, Jeans i muchos otros.

En definitiva, el aspecto más convincente de las leyes de los quanta es el de haber asumido a un carácter de leyes causales extrínsecas, i no hallo razón por qué todavía muchos físicos se empeñan en sostener el éter continuo e imponderal, siendo así que es incapaz de explicarnos siquiera la pesantez de la luz i otros acontecimientos físicos tales como la absorción de la onda luminosa por un sistema atómico.

Ciertamente si hemos de detenernos en este punto, la existencia de las ondas esféricas como estados vibratorios del éter resultan insostenibles. Veamos p.e. el hecho de la absorción de la luz por un átomo. Sólo en el caso de que la emisión de la luz se verifique por quanta comprimido en un corpúsculo podría llegar a un sistema atómico con la ventaja de ser absorbido totalmente; pero si esta emisión se verifica por onda esférica es imposible que toda la onda sea absorbida por otro átomo, del mismo modo que toda la luz emitida por el sol no puede caer en su totalidad en la tierra. Llegamos así a una situación difícil de la concepción ondulatoria de la luz por intermedio del éter. Por esto es que, como ya se ha dicho, la teoría fotónica de Lewis es más viable, porque descarta de hecho la existencia del éter, aunque en esencia no nos da tampoco una explicación satisfactoria de cómo un fotón hace el milagro de las ondas que realmente existen.

Algo más problemático aun nos espera con la absorción de la luz por un sistema atómico. Cómo es que las ondas desaparecen al incidir sobre un átomo capaz de absorber energía? En qué se refunden?

La teoría fotónica quien sabe podría decirnos en un fotón, como una fatalidad lógica; pero cuáles serían las condiciones mecánicas para que las ondas se organicen en un corpúsculo?

Naturalmente se hace necesario concebir aun una nueva hipótesis acerca de las estructuras de las diferentes modalidades de la energía, para sacar en claro si la onda es un elemento del corpúsculo o aquella es más fundamental que éste.

No existe, para mí al menos, ninguna dificultad para creer que las célebres ondas no son más que la dilución de todo o de parte de la energía que está condensada en un corpúsculo, proceso que en ciertas condiciones de campos aun desconocidos, pero que no pasarán de ser electromagnéticos, puede ser reversible; es decir que las ondas pueden refundirse en un corpúsculo, ya sea fotón o electrón. Así me hace pensar al menos el hecho de que en los dieléctricos transparentes se verifica que los coeficientes de capacidad específica para la electricidad, son proporcionales a los índices de refracción de los mismos dieléctricos. Esta notabilísima relación entre las propiedades eléctricas i ópticas de un cuerpo constituye un argumento poderoso en favor de la teoría que supone la identidad de naturaleza i origen de la electricidad i de la luz. Aparece pues el el hecho de que la electricidad cuyos elementos son los electrones (corpúsculos) presentan igual conducta que los rayos luminosos (ondas) cuando actúan en un medio de refracción, para cuya identidad de acción es necesario suponer que los electrones se diluyan en ondas.

Entonces puede que la onda i el corpúsculo sean de una misma naturaleza, como lo pueden ser un hilo fino de plata i un sol peruano. Si llegara a comprobarse esto no sólo se habría resuelto los más grandes problemas de la Mecánica Quántica i de la Ondulatoria, sino que se llegaría al mismo corazón de la materia i de la energía, ambas en naturaleza idénticas, pero en organización diferentes; la una ponderal casi pasiva, la otra fluida, activa, unidad causal i capaz de hacer irrupcionar todas las maravillas i los misterios del Universo.

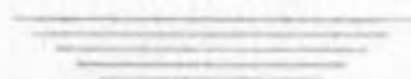
Sea viable o no esta mi manera de ver, tendiente a la solución ideal de la esencia del corpúsculo i de la onda, no está en contraposición con ninguna de las aspiraciones de todas las hipótesis que surgen a este respecto; i es de esperar que no sea imposible el hallar un método que penetre en la posible mecá-



nica que defina la organización de las diferentes modalidades de la energía.

Si en los momentos actuales gran parte de los físicos consideran ya al electrón como pura energía a la par que como principio de la materia es porque "se desprende de todo lo emitido, la particular sensación que hace presentir a la inteligencia la presencia de la verdad, aun antes de que la lógica se la indique, sin lo cual rara vez se llegaría a la conquista de lo verdadero".

FIN



## Erratas notables

| PÁGINA | LÍNEA         | DICE             | DEBE DECIRSE       |
|--------|---------------|------------------|--------------------|
| 185    | 8 de arriba   | que va           | que se vá          |
| 206    | 2 " "         | por elongación   | por su elongación  |
| 220    | 7 " abajo     | angular,         | angular $\omega$ , |
| 223    | 1-2 de arriba | constancia       | constante          |
| 224    | 5 " "         | concordancia por | concordancia con   |
| 231    | 16 " "        | directas         | discretas          |

La ecuación N<sup>o</sup> (8) debe escribirse:

$$K_{\nu} = \alpha \frac{\nu^3}{c^3} e^{-\beta \frac{\nu}{T}}$$

En " " (18) i anterior la  $e$  debe escribirse  $e$ .

" " (39) debe escribirse  $ma^2\omega^2 = e^2$ .

" " (pág. 224) debe escribirse:

$$\nu = 4R \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right)$$

" " (pág. 249, línea 8 de abajo) debe escribirse:

$$\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = - \frac{4\pi^2 \nu^2}{c^2} \psi,$$

" " (V) pág. 249, debe escribirse:

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = \frac{4\pi^2 \nu_0 c^2}{h^2} \psi$$

ADVERTENCIA.—En muchas fórmulas de las páginas 177, 178 i 179 se ha usado la letra  $v$  en vez de  $\nu$ , cuyos tipos se agotaron, por lo que se ruega a los señores lectores enmendar el error.