

## Tesis de Posgrado

# Contribución al estudio de las arenas argentinas : su aplicación en la fabricación de vidrios

Grianta, Luis

1910

Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en química de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en [digital.bl.fcen.uba.ar](http://digital.bl.fcen.uba.ar). Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in [digital.bl.fcen.uba.ar](http://digital.bl.fcen.uba.ar). It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

**Cita tipo APA:**

Grianta, Luis. (1910). Contribución al estudio de las arenas argentinas : su aplicación en la fabricación de vidrios. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. [http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis\\_0070\\_Grianta.pdf](http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0070_Grianta.pdf)

**Cita tipo Chicago:**

Grianta, Luis. "Contribución al estudio de las arenas argentinas : su aplicación en la fabricación de vidrios". Tesis de Doctor. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 1910. [http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis\\_0070\\_Grianta.pdf](http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0070_Grianta.pdf)

Biblioteca de la Facultad de  
Ciencias.

Luis Grianta.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE BUENOS AIRES

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

---

## CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO

DE LAS

# ARENAS ARGENTINAS

---

SU APLICACIÓN EN LA FABRICACIÓN DE VIDRIOS

---

TESIS

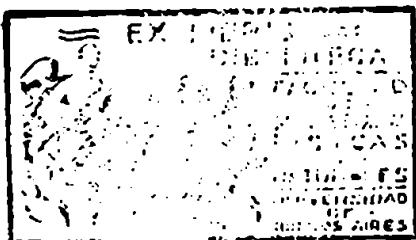
Presentada para optar el grado de Doctor en Química

POR EL EX-ALUMNO

**LUIS GRIANTA**

QUÍMICO DE 1.ª DEL LABORATORIO QUÍMICO DE LAS OBRAS DE SALUBRIDAD DE LA NACIÓN

---



BUENOS AIRES

IMPRESA Y CASA EDITORA • JUAN A. ALSINA •

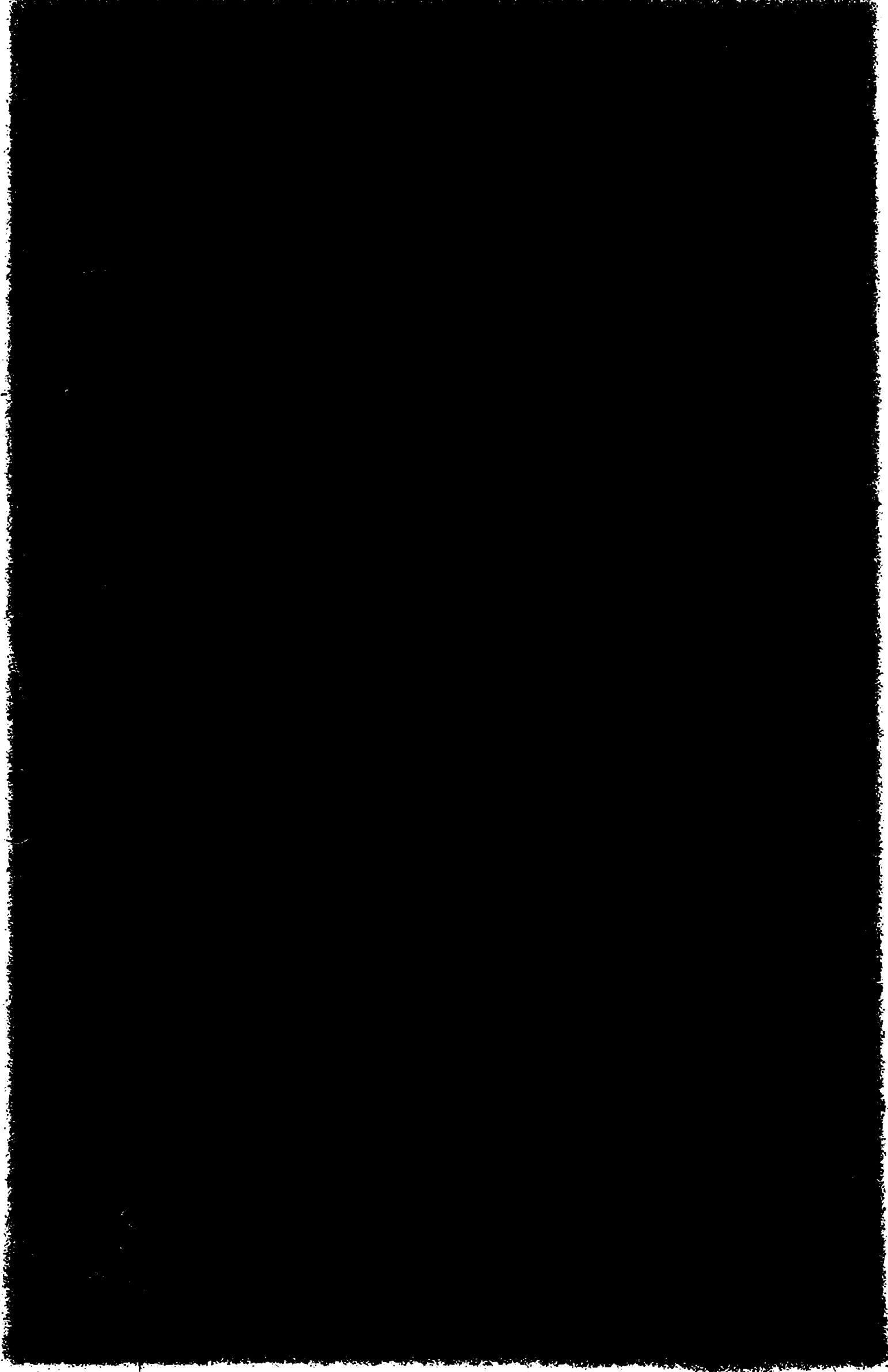
259, CALLE ALBERTI, 259

1911

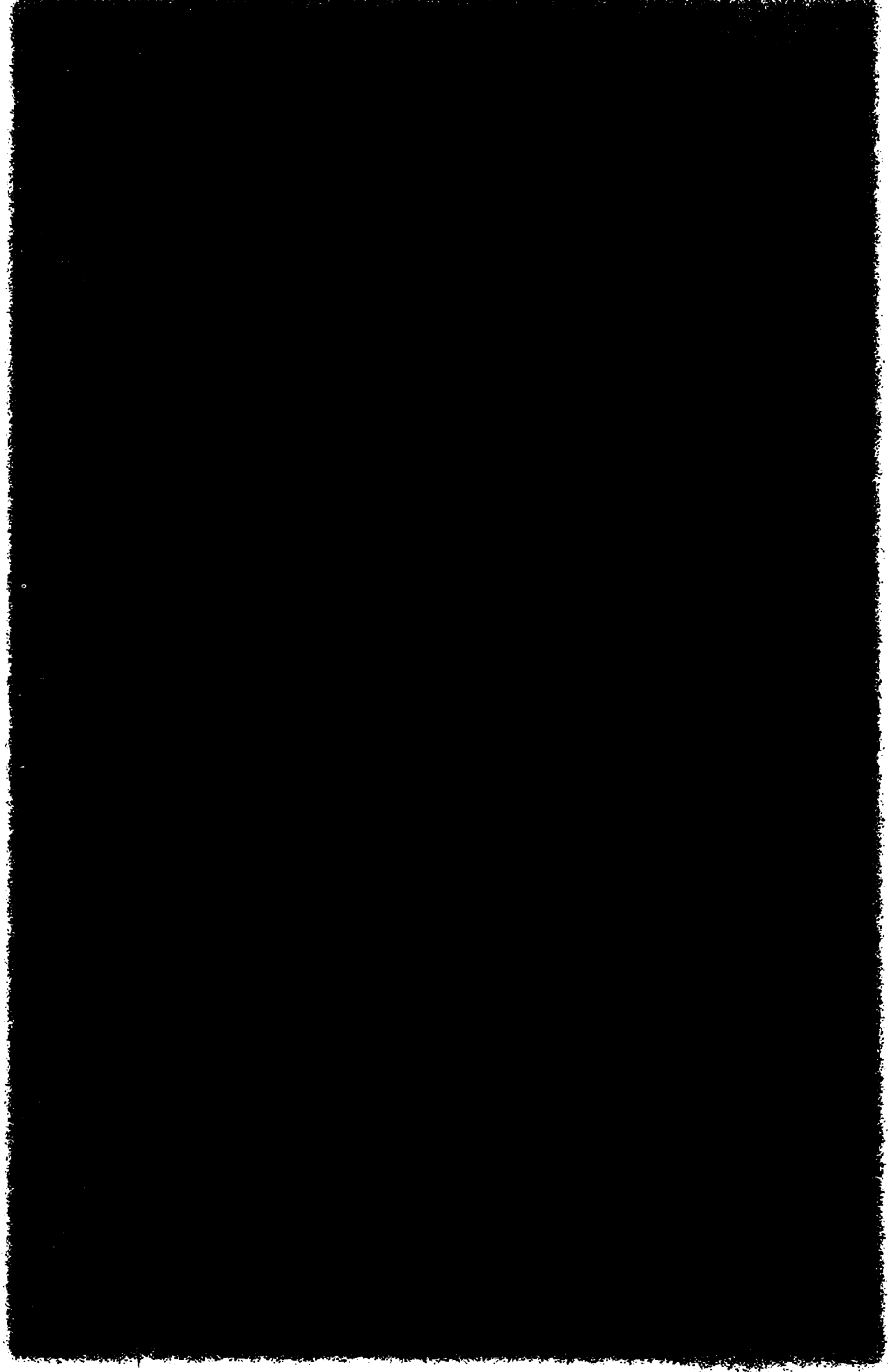
*La Facultad no se hace solidaria de las opiniones vertidas en las Tesis.*

ADRIANO DE TESIS

*Doctor Atilio A. Bado*



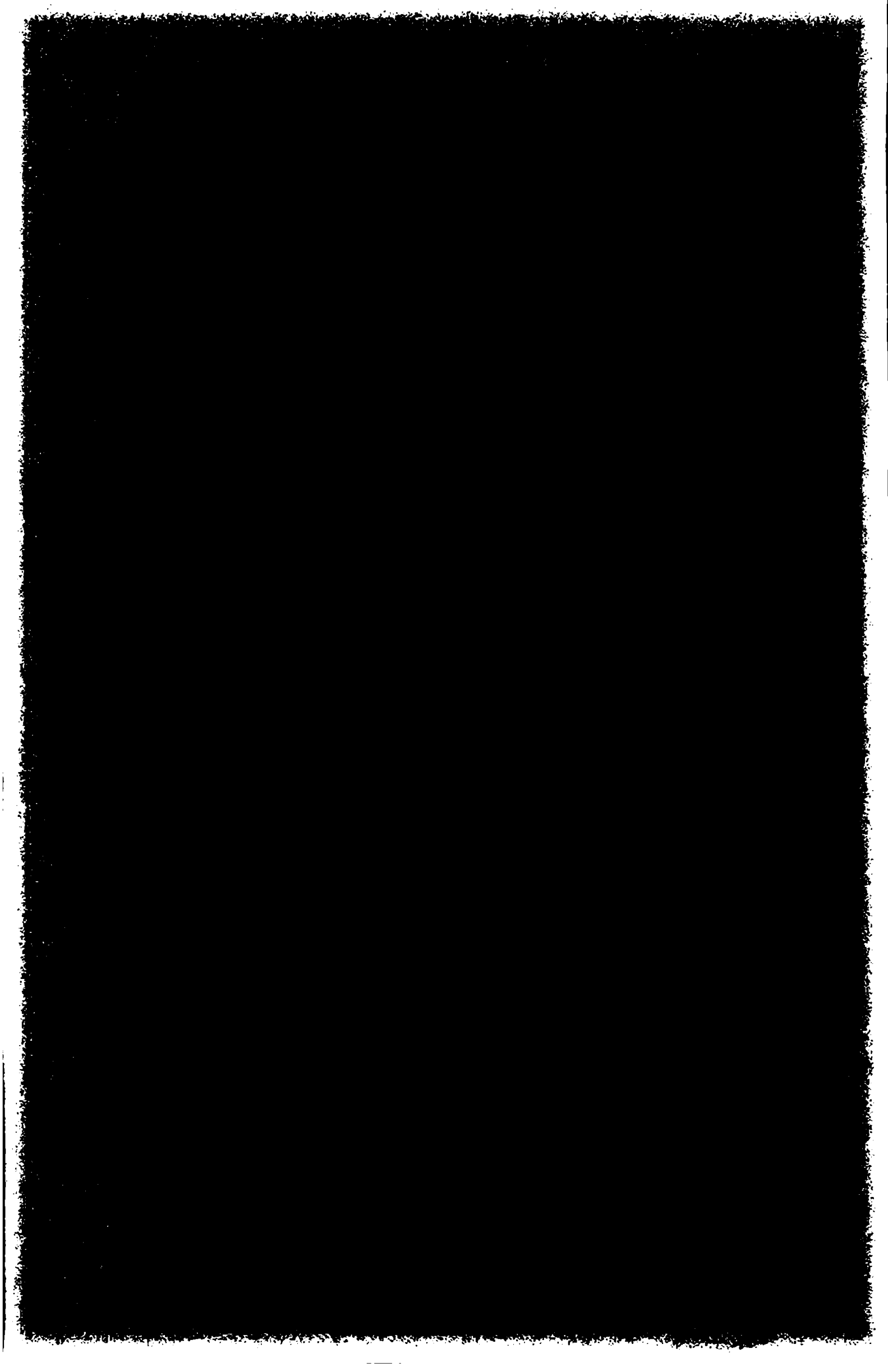
*Al Colegio del Uruguay*

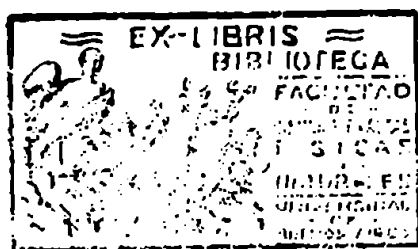


*A mis queridos padres*

*y hermanos*







SEÑORES CONSEJEROS: ,

SEÑORES PROFESORES:

Para dar cumplimiento á una de las prescripciones reglamentarias, someto á vuestra ilustrada consideración este modesto trabajo, que espero lo juzgueis con la rectitud y justicia que han caracterizado siempre vuestros actos.

Creendo obra útil todo aquello que pueda directa ó indirectamente contribuir á hacer conocer nuestros productos naturales, he elegido como tema de tesis el estudio de las Arenas Argentinas, investigando al mismo tiempo la posibilidad de su empleo en la fabricación de vidrios.

Si las conclusiones á que llego fuesen de alguna utilidad, me consideraría satisfecho por haberse cumplido parte de mis anhelos.

Antes de entrar en materia séame permitido manifestar mi profundo agradecimiento al Doctor Atilio A. Bado por dispensarme el honor de acompañarme en este acto, por haber puesto á mi disposición el Laboratorio Químico de las Obras de Salubridad de la Nación que dirige, y por sus provechosos consejos que siempre me han guiado en esta difícil tarea.

Mi reconocimiento al Doctor Enrique Herrero Ducloux por su interés en facilitarme datos de importancia para la realización de este estudio y á todos los que fueron mis maestros por sus consejos y sabias lecciones de ellos recibidos.

A mis amigos y compañeros que con su ejemplo me alentaron siempre, y muy especialmente á los Señores Adolfo Williams y Benjamín Tallibart que con gran desinterés han contribuído á completarlo: mi mayor agradecimiento.

## INTRODUCCIÓN

Desde hace tiempo, un hecho que nos ha llamado mucho la atención es, que en nuestras fábricas de vidrio, que son bien pocas para las demandas de nuestras necesidades, se utilizan para la obtención de sus productos casi toda la materia prima extranjera.

Esto corroborado con las visitas y datos obtenidos en las principales fábricas de Buenos Aires y Rosario, donde comprobamos que, salvo el carbonato de calcio para la fabricación de vidrios incoloros, las arenas, sales alcalinas y hasta las arcillas, para la fabricación de los crisoles destinados á contener el vidrio fundido, son extranjeros; nos hicieron pensar que sería digno de un estudio y quizás de muchos beneficios para esta industria, todavía en sus comienzos entre nosotros, tratar de conseguir en nuestro territorio, arenas que pudiesen ser utilizadas con éxito.

Estudiando la constitución de la mayor parte de nuestro suelo, tan bien descrito por el inolvidable Ameghino, donde se nota que una de las sustancias más abundantes es la arena, y que él declara existir en muchos puntos de grano purísimo, nos decidió emprender este pequeño trabajo para contribuir con otros futuros, á dilucidar el punto.

Quizá actualmente, la determinación de la existencia de arenas puras, para la fabricación de vidrio blanco, en luga-

res apartados de la República, no resuelva el problema de la importación del extranjero, por la dificultad y lo caro del transporte, resultando más económico importarlas como hasta ahora. Pero lo fundamental es poder conseguir hallar esas arenas que vendrían á constituir una nueva riqueza, llenando una necesidad industrial, que el futuro y el adelanto se encargarían preferirlas á las extranjeras.

Nuestro territorio tan dilatado, encierra todavía grandes riquezas no conocidas, y así como hace tan poco tiempo que se ha descubierto, una de gran importancia, los petróleos, es posible que con nuevos estudios se llegue á resultados satisfactorios y concluyentes, referente á otras industrias.

No pretendemos haber conseguido determinar exactamente la existencia de arenas tan puras como las europeas, pero los resultados de las investigaciones, nos permiten recomendar algunas que consideramos como las más aceptables para la fabricación de vidrio incoloro común, y aún sometidas á un método especial podrían ser usadas para vidrios incoloros de gran pureza.

Como la industria del vidrio es muy reciente entre nosotros, se explica que se haya buscado directamente las materias primas en el extranjero, donde existen muy buenas y de antiguo usadas, pero á medida que ella se extiende y se hace mayor la demanda, se ve la necesidad de conseguir esas mismas materias en el territorio y más aún sabiendo, como lo han dicho distinguidos geólogos que han estudiado el país, que existen tan buenas que pueden competir con aquellas.

Las investigaciones han sido hechas sobre muestras de origen perfectamente conocido y si no hemos llevado á cabo otras, como las de la región central y andina de la República, ha sido por la dificultad de obtenerlas.

---

En el estudio que á continuación desarrollamos, se ha dividido el trabajo en tres partes:

1.º Arenas.

Rocas que dan origen á las arenas en la República Argentina.

Clasificación y división de las arenas.

2.º Naturaleza de las arenas utilizadas en la fabricación de vidrios.

Algunos datos acerca de la fabricación del vidrio en nuestro país.

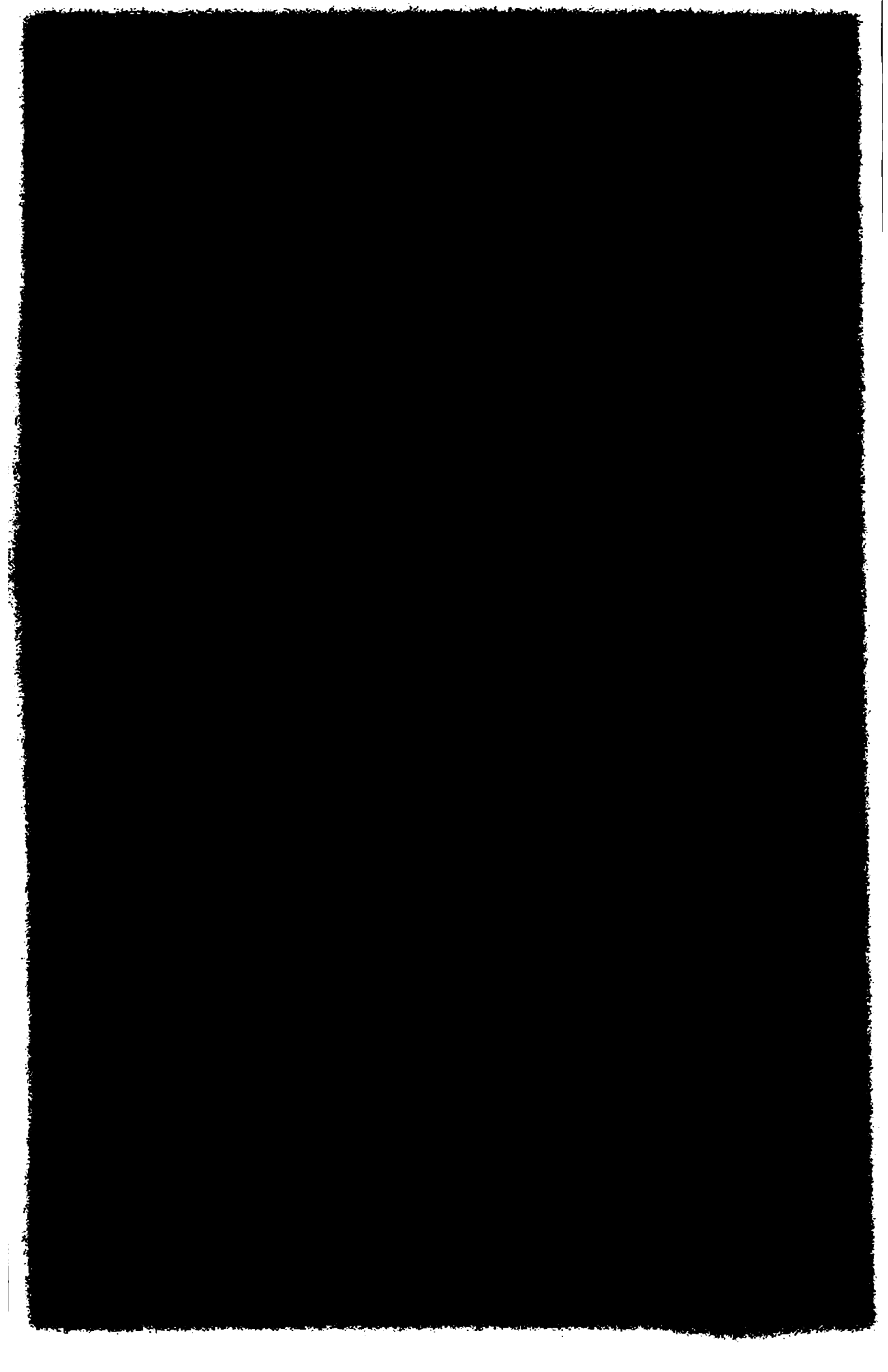
Teorías sobre la composición molecular de los mismos

Relaciones entre la composición química y su fusibilidad.

Materias primas empleadas en la fabricación del vidrio: descolorantes, colorantes.

3.º Posible utilización de las arenas argentinas en esta industria. Análisis químicos, mecánicos, microscópicos y microfotográficos.

Conclusiones generales.



## ARENAS

---

### **Rocas metamórficas que dan origen á las arenas en la República Argentina**

Una de las substancias más extendidas en la Tierra, en las diversas edades geológicas, son las arenas con sus diversas alternativas de los granos gruesos á los más finos. Son partículas más ó menos grandes, angulosas ó redondeadas, de cuarzo, feldespato, mica, calcáreos, cloritas, etc., que provienen de la desagregación de las rocas metamórficas del globo.

Su origen se remonta á las primeras edades geológicas donde su producción era mucho mayor que actualmente, debido á que la acción de los agentes atmosféricos, eran más intensos. Pero donde se presentan con más frecuencia es en los terrenos de formación más recientes, aluvionales, cuaternarios y terciarios; aunque se encuentran á veces formando gruesas capas en terrenos de formación más antigua como el cretáceo y hasta el silúrico, que se observan en Rusia.

Diversas rocas de constitución geológica diferentes dan origen á las arenas, siendo las principales, las silíceas y cuarzosas, sobre todo el granito cuya composición, cuarzo, feldespato y mica, constituye la materia prima, por decir así, de su masa.



Generalmente se reconoce con el nombre de arenas todos estos productos de desagregación de las diversas rocas, pero creemos, junto con algunos autores (1), que la denominación *arena* sólo debía extenderse á los productos cuarzosos ó cuarzo-feldespáticos, donde predominase el cuarzo; de este modo se evitarían las diversas denominaciones de arenas feldespáticas, volcánicas, etc., reconociendo sólo al decir arenas, las cuarzosas. Pero nosotros seguiremos considerando como arenas todas estas partículas pequeñas de las diversas rocas, especificando á cada una, por su procedencia ó constitución.

Como dijimos, las arenas son el resultado de la alteración física ó mecánica de las rocas y son muy abundantes en la naturaleza, formando capas ó bancos, á veces de mucho espesor y extensión, en todos los terrenos de sedimentación y muy especialmente en los terciarios y de aluvión.

De aquí la división natural de esta especie, en dos grupos á saber: arenas con los demás productos de la alteración física de las rocas, y areniscas, conglomerados, etc. Solo que en razón misma del mecanismo á que deben su origen es fácil comprender, que desde la roca viva ó en su propio criadero, hasta las arenas, deben encontrarse diferentes gradaciones de tamaño que por necesidad ocuparán zonas diferentes, resultando de aquí las peñas, peñascos, cantos, que son grandes porciones ó masas destacadas de las rocas. Siguen después los guijarros ó cantos rodados, también llamados aquí piedras chinas, que son de tamaño más pequeño y generalmente de forma ovalada ó elipsoidal. Viene luego la grava compuesta de pequeños fragmentos de rocas, de formas angulosas más bien, que redondeados; y por último las arenas de diferentes tamaños aunque siempre inferior al de la grava, que se convierte algunas veces en polvo.

---

(1) Vilanova y Piera. Geología. Madrid, 1872.

Cada uno de estos estados y formas de las rocas ocupan diferentes lugares, hallándose en las faldas de las montañas los grandes cantos y peñas; los cantos rodados, chinas ó guijarros en el álveo mismo de los ríos y también en la base de casi todos los terrenos de sedimentación; las gravas se encuentran más abajo en el curso de las arterias terrestres; y por último las arenas, no solo existen en la desembocadura de los grandes ríos y en todo el litoral sino también en casi todos los terrenos terciarios y secundarios.

La composición de las arenas originadas de las diversas rocas, depende sobre todo de la naturaleza de aquellas; en las rocas que predominan el cuarzo, y sobre todo el cuarzo blanco, las arenas que se originen serán puras y aptas directamente para su uso en la fabricación de vidrios. Pero como el cuarzo es algo raro<sup>2</sup> ó solo existe en capas de no mucho espesor junto con el granito, que es lo que más abunda, resulta que la desagregación de estas rocas da origen á arenas muy variadas por su grano, encontrándose mezclados igualmente granos de cuarzo blanco, otros rojizos debido al óxido férrico incrustado por las aguas ferruginosas, granos de feldespato, partículas de mica, de fierro titanífero, de glauconita (hidrosilicato de fierro y potasio), de calcáreos, etc.

Además de las rocas y considerando entre estas á los minerales, otros cuerpos que pueden dar lugar á arenas y que muchas veces le suministran su carácter propio, son los corales y las conchas de ciertos moluscos, los cuales al romperse, agregan sus partículas pequeñas á las ya arrastradas, originando de aquí las arenas calizas.

Un factor que es necesario tener mucho en cuenta, es la densidad de cada una de estas substancias, de este modo una misma roca, puede dar lugar á arenas de diversa composición, según que los granos por ella originados hayan sido, más ó

menos arrastrados por las aguas. De ahí también resultan las arenas de espesor diverso en su grano, que más adelante veremos cómo se dividen, y que se depositan primero las arenas de grano grueso, luego las finas y aún quedan otras de grano finísimo que son arrastradas á grandes distancias junto con la arcilla, que en muchas corrientes de agua debido á su continuo movimiento, quedan en suspensión.

Por la naturaleza de nuestro suelo, sobre todo en las capas más superficiales constituidas por los terrenos aluvionales (la formación pampeana y sub-pampeana) las arenas mezcladas con las arcillas se encuentran en abundancia diseminadas por todo el territorio.

Los agentes externos, sobre todo las aguas y los vientos, han ejercido una poderosa acción sobre los macizos de los Andes, las sierras centrales de Córdoba, las sierras de la parte sur del Brasil y las pequeñas elevaciones de la Provincia de Buenos Aires, que existían antes de estas formaciones, destruyéndolas y desagregando todos los productos extraídos, que luego aquellos agentes se encargaban de diseminar.

De ese modo nuestra llanura tan extensa y casi uniforme, tiene en las arenas un elemento principal, existiendo depósitos de ellas en muchas regiones que trataremos de indicar.

Se puede decir que en toda la extensión del territorio existe esta sustancia en mayor ó menor cantidad, pero donde predomina, siendo muchas veces un inconveniente para la vida, es en las costas y desembocaduras de los grandes ríos Uruguay, Paraná, Plata, Salado, etc., que forma médanos constituidos por arenas cuarzosas más ó menos ferruginosas, debido á las infiltraciones, y que los vientos muy poderosos en estas regiones se encargan de extender hacia el interior.

Hacia el Sud y sobre todo en la provincia de Buenos Aires,

se encuentran grandes depósitos de arena (1), unos constituyendo el fondo de ciertos ríos, como la arena verdosa del fondo del Plata, otros extendiéndose por las costas marítimas de la Provincia y en su interior formando dunas ó médanos. Estos depósitos del interior, son generalmente cuarzo-ferruginosos muy finos, como sucede con las arenas del Saladillo, ó arcillosos como las que se encuentran en el partido de 25 de Mayo, Junín, Bragado, etc.

Los médanos se forman primero en los límites de esta provincia por la acción del mar, luego los vientos que soplan con violencia hacia el interior, arrastran estas arenas secas y las van depositando en torno del primer obstáculo que se les ofrece al paso, constituyendo verdaderas colinas de diferentes dimensiones. De este modo se extienden hasta el centro de la provincia y el doctor Zeballos en su trabajo citado, afirma que así continúan retirándose hacia el interior hasta el centro de la Pampa, admitiendo que su transporte se efectúa por las llamadas tormentas de tierra que se producen con los vientos.

Igualmente debe admitirse que los grandes desiertos de San Luis, Mendoza, Santiago del Estero, etc., deben haberse producido por este arrastre aunque allí las arenas tienen otro origen, pues se admite que son depósitos de playas de antiguos mares.

Siguiendo la costa del Atlántico, las arenas predominan siempre formando médanos y en los ríos de la Patagonia, en casi todo su curso se notan depósitos de guijarros y arenas que se originan en las faldas de las montañas, donde ellos nacen (2). Al Sud y Norte de la embocadura del Río Negro se ven capas de arena de un espesor de 1 metro y la bahía

---

(1) Estudio geológico sobre la Provincia de Buenos Aires por E. S. Zeballos, 1876. Anal. Soc. Científica Arg. Tomo II, pág. 267.

(2) F. Ameghino.—La formación pampeana, 1881, pág. 32.

San Blas está sembrada de bancos formados por aluviones modernos. Son arenas de color oscuro, ferruginosas-titaníferas, teniendo muchos granos atraíbles por el imán.

Siguiendo hacia el Norte de la República, las capas de arena también abundan; y más aún, que el terreno pampeano inferior al de los aluviones modernos, es más rico en arena en esas regiones que en la provincia de Buenos Aires. Así en Córdoba el terreno es esencialmente arenoso (1) compuesto de granos de cuarzo perfectamente visibles, mezclados con gravas, guijarros, cantos rodados, arcilla, etc. Esto unido al clima esencialmente caluroso y seco, explica como en esas regiones las tormentas de tierra (guadales) tienen una gran acción, formando los grandes desiertos de arena de mucha extensión, sobre todo en las provincias andinas donde son conocidos con el nombre de travesías.

Juntamente con las arenas, un producto de gran importancia para la fabricación de vidrios y que convenientemente explotado y pulverizado podría aún sustituir á aquellas, es el cuarzo puro. En nuestro territorio existe generalmente en todas las sierras en mayor ó menor cantidad, sin embargo tiene un inconveniente su explotación, debido á que en las regiones donde parece predominar suele suceder que solo forma capas de algunos centímetros de espesor, siendo las rocas inferiores, de otra naturaleza.

Según la opinión de los Dres. Brackebusch (2) y Bodembender (3), en algunos lugares de la Sierra de Córdoba, el

---

(1) G. Bodembender.—Cuenca del valle del Río 1.º en Córdoba. Anales de la Academia de C. de Córdoba. Tomo XII, 1890.

(2) L. Brackebusch.—Descripción de las rocas de las Sierras de Córdoba. Anales de la Academia de C. de Córdoba. Tomo V.

(3) G. Bodembender.—Constitución geológica de las Sierras de Córdoba. Anales de M. de Agricultura, Sección Mineralogía, Hidrología y Minas, pág. 138.—1905.

cuarzo es la sustancia preponderante y que forma por sí solo toda la roca. Se presenta generalmente en granos angulosos de color blanco ó parduzco, con esplendor de vidrio y superficies escavadas, teniendo ruptura concoidal. Los cristales completos son raros y solo se encuentran cubriendo la superficie de los vacíos naturales formando drusas.

En muchas rocas graníticas se han formado masas compactas de cuarzo, de color blanco puro originándose de aquí el nombre de Cerros Blancos con el cual son conocidos. Estas masas observadas con detención, demuestran que no están constituidas por cuarzo puro, sino que tienen hojas de mica y ortoclasias que llegan á un metro de diámetro, se descomponen fácilmente y dejan en la roca un vacío de figura de cristal gigantesco. Por esta razón estas masas de cuarzo preponderante, deben considerarse como variedades de Pegmatita ó Granito de Gigante.

En las Sierras de San Luis (1), también existen cerros blancos formados por gruesos filones de cuarzo, los cuales desmenuzándose con dificultad han quedado en relieve sobre las llanuras que los circunda. El cuarzo que los compone es muy blanco casi transparente, aunque existe la variedad conocida con el nombre de cuarzo rosa, por su color rosado, debido al óxido de titanio, y que cubre sus residuos grandes extensiones de los terrenos inferiores.

Se puede decir en resumen que en nuestro país existen grandes superficies de capas arenosas y de cuarzo; materias distribuidas ya sea en las partes altas ó á profundidades no muy grandes: solo es necesario determinar su composición para poderlas utilizar en muchas industrias. Diversas

---

(1) Ing. A. Jegou.—Informe sobre la provincia de San Luis. Anales Soc. Científica Arg. Tomo XVI, pág. 139.—1883.

arenas hemos analizado, de las regiones más conocidas y que existen en cantidades explotables y cuyos resultados agregamos en la última parte de este trabajo.

### Clasificación y división de las arenas

Las arenas en cuanto á su procedencia se pueden clasificar en arenas de río, de mar, de mina y de hoya. Esta clasificación no es específica, pues muchas veces, no se puede establecer una diferencia bien marcada entre una arena de río y otra de mina ó de hoya. Son generalmente de grano pequeño, unos angulosos otros redondeados, según la naturaleza del suelo en el cual han sido arrastrados por las aguas; rara vez son cristales enteros ó incompletos, pero su diferencia fundamental está en la naturaleza de las rocas originarias. Solo las arenas de mar suelen reconocerse de las otras por las pequeñas cantidades de las sales del agua de mar, que suelen retener al ser secadas por el sol; así, pues, en una arena que hemos analizado de Mar del Plata, encontramos pequeñas cantidades de cloruros.

Según su constitución se dividen las arenas en:

- 1.º Cuarzosas,
- 2.º Calizas,
- 3.º Dolomíticas,
- 4.º Glauconíticas,
- 5.º Ferruginosas y
- 6.º Volcánicas.

1.º—**Arenas cuarzosas.**—Las arenas cuarzosas como su nombre lo indica, son aquellas en que el cuarzo predomina, teniendo

generalmente de 2 á 20 % de detritus de otros minerales (feldespato, mica, cal, etc.). Existen puras de grano bien blanco como las de Fontainebleau (Francia), pero á menudo son ferruginosas, lo cual se reconoce porque sus granos se cubren de una capa más ó menos espesa de óxido férrico hidratado.

A causa de estas capas rojizas, á veces muy intensas, muchas arenas cuarzosas son impropias para la fabricación de vidrios incoloros, por la coloración verde oscuro que toma aquel.

En cambio otras, á pesar de este óxido férrico que contienen son explotadas, pero para mejor uso, extrayéndoles las partículas de oro, platino ó estaño que suelen contener; constituyendo algunas las arenas conocidas con el nombre de auríferas.

Pueden tener también mezcladas piedras preciosas (diamante, rubí, granate, etc.), como sucede en el Brasil donde se explotan para su extracción.

Observadas á la lente, se componen de granos más ó menos redondeados, algunos angulosos y alargados con inclusiones de color blanco en las puras como las de Fontainebleau ó rojizas por el óxido férrico incrustado, como en la mayoría de las argentinas.

En estas, juntamente con aquellos granos, alternan pocos de feldespato oscuro, algunos de mica refringentes veteados, blancos calcáreos de restos de conchillas y generalmente en más ó menos abundancia granos negros de hierro titanífero atraibles por el imán.

**2.º—Arenas calcáreas.**—Las calcáreas están constituidas por granos sueltos de naturaleza calcárea (como lo indica su mismo nombre), provenientes la mayor parte de restos de animales muy desmenuzados, sobre todo de foraminíferos,



moluscos, restos de diatomeas y esqueletos de radiolarios, teniendo además 2 á 3 % de sustancia silicosa. Cuando la cantidad de cuarzo es mayor, ya la arena toma el nombre de calizo-cuarzosa.

Muchas de éstas, tienen un origen coralino y forman arenas movedizas que son arrastradas por las olas y los vientos, notándose su mayor cantidad alrededor de las islas coralinas; así todos los depósitos que rodean las islas Bermudas son de esta naturaleza. Se encuentran generalmente en las aguas poco profundas, que las mareas echan hasta las playas y sobre todo alrededor de los arrecifes coralinos, ofreciendo un fenómeno muy particular.

Observando con detenimiento dichos lugares, se nota que las arenas calcáreas en muchos sitios se cementan por las aguas que las mojan. El agua de mar, cargada de anhídrido carbónico se encarga de efectuar esta aglomeración. El anhídrido carbónico proviene, sea de la atmósfera, sea de la respiración de los organismos ó de la descomposición de todos los restos vegetales ó animales; así puesto en libertad se carga de carbonato de calcio muy extendido en las aguas superficiales y va á depositarse entre los granos calcáreos de la arena, cementándolos. De este modo se encuentran aglutinados, pudiéndose reconocer la envoltura calcárea que reúne los diversos granos y se transforma en una roca calcárea sólida, pero sin que cese de distinguirse los granos de arena; á veces le da una estructura oolítica debido á la alternativa de sequedad y humedad, que producen el juego de las mareas en la sucesión de las calmas y las tempestades.

En las rocas oolíticas cada grano está envuelto de escamas concéntricas y se parecen exteriormente á un huevo de pescado.

La aglomeración de las arenas calcáreas se hace con gran

rapidez; según Darwin en el transcurso del mes de Octubre á Noviembre, cuando las arenas calcáreas que rodean la isla de Ascensión comienzan á desplazarse hacia el S. O. por la acción de los vientos, las rocas situadas en la extremidad de las playas, se incrustan de una capa de calcáreo blanco muy duro. Es sobre todo alrededor de las Bermudas que este género de formación está bien desarrollado, habiéndose transformado las antiguas dunas en capas calcáreas compactas por la acción de las aguas de infiltración.

Además en muchas arenas corralinas abundan cristales rodados de naturaleza diversa á la calcárea, observándose sobre todo en algunos de ellos, un color verde intenso, constituidos por la augita provenientes de las proyecciones volcánicas cercanas. El microscopio permite reconocer estos cristales junto con otros de naturaleza feldespática, de olivina y de pequeños pedazos de vidrios basálticos.

3.º—**Arenas dolomíticas.**—En las calcáreas que hemos visto existe generalmente pequeña cantidad de granos de carbonato de magnesio, pero en tan poca proporción, que predomina el de calcio. En cambio, en las dolomíticas los granos de carbonato de magnesio aumentan á tal punto que se encuentran en más ó menos la misma proporción que los de calcio.

Sucedo esto, por un fenómeno de disolución; pues una misma roca en diferentes épocas, puede dar lugar, primero á arenas calcáreas y luego á arenas dolomíticas.

En efecto, por el fenómeno de dolomitización sabemos que toda roca calcárea que tiene una cierta proporción de carbonato de magnesio, es siempre el de calcio el que se disuelve primero, por ser más soluble en agua que aquel. De este modo por este fenómeno, el carbonato de calcio es arrastra-

do por las aguas, depositándose luego y constituyendo las arenas calcáreas á veces con un poco de magnesio.

Pero por esta disolución la roca pierde su riqueza en calcio, aumentando el magnesio, de tal modo que llega un momento que se transforma en dolomita (carbonato de calcio y magnesio) que cristaliza generalmente en pequeños romboédros. Esta roca es más densa que la primitiva y es arrastrada por las aguas á mayor profundidad, donde se sienten más los efectos de las olas que las destruyen. Unas veces desmenuzan á la roca originando arenas de grano muy diverso y amorfo, otras en cambio son pequeños cristales romboédricos desencajados de la roca, como sucede en ciertos lugares de Picardía en Francia, que tienen el color carne característico.

4.º—**Arenas glauconíticas.** — Llamadas así por su color verde, debido á la glauconita (hidrosilicato de fierro y potasio) que junto con el cuarzo son las materias que en ellas predominan.

Son arenas poco abundantes, de grano fino, pues generalmente degeneran en limo verdoso, que existen á grandes profundidades, en diversas regiones. Igualmente se presentan sobre todo en las costas del Pacífico, en la vecindad de las costas entre 500 y 1.300 metros y donde no desembocan ríos caudalosos.

Juntamente con los granos de glauconita se encuentran muchas veces fosfatos de cal que envuelve y cementa á aquellos con los granos de cuarzo y de foraminíferos, debiendo su origen á la descomposición de los restos orgánicos que se acumulan en el fondo del mar.

En el lecho del Río de la Plata, existen arenas glauconíticas y en algunas preparaciones que observamos al micros-

copio, de las arenas que este río deposita en sus playas, hemos podido observar los cristales verde intenso de glauconita mezclados con los de cuarzo ferruginoso.

Suelen encontrarse en las capas inferiores del suelo; así en la ciudad de París á 600 metros de profundidad se ha hallado una capa de arena verde, predominando la glauconita.

**5.º—Arenas ferruginosas.**—Se denomina así á aquellas arenas que contienen hierro infiltrado y hierro magnético mezclado con gran número de cristales de diversa naturaleza, como augita, cuarzo, rubí, granate, zirconio, titano, pudiendo contener también platino y oro. Todos estos productos resultan generalmente de la disolución de la ganga térrea de muchos minerales ricos en hierro magnético, que se depositan en ténues capas en el fondo de los arroyos y de los ríos ó en los terrenos cristalinos ó volcánicos.

A esta clase de arena se puede decir que pertenece la mayor parte de las argentinas, pues de las muestras que he podido conseguir, la mayoría contienen además, de la capa de óxido férrico hidratado que envuelve los granos de cuarzo, partículas de hierro magnético y de hierro titanífero separables por el imán. Una de las más notables son las del río Uruguay, existiendo algunas cuyas partículas negras indican ya de antemano la presencia del hierro magnético y del titanífero.

Y como estos, la mayoría de los ríos del interior arrastran arenas con fierro y titano, debido sin duda á las sierras en que nacen, donde tales elementos deben existir en bastante cantidad.

**6.º—Arenas volcánicas.**—Estas arenas se encuentran con frecuencia en espesas capas sedimentarias en las cercanías de

los volcanes. Se componen de pedacitos de lava y también muchas veces de cristales enteros ó fragmentos de ellos procedente de los minerales cristalizados en la misma, como son la augita, granate, leucita, etc., que generalmente se encuentran en abundancia.

Se admite que estos cristales, llegan ya formados con la lava, pero es muy posible que se desarrollen en el acto mismo de la pulverización de la misma al estado líquido, durante las explosiones. Cuando se estudia al microscopio los materiales de las arenas volcánicas, se reconoce que contienen gran número de vacuolos y de inclusiones vitrias.

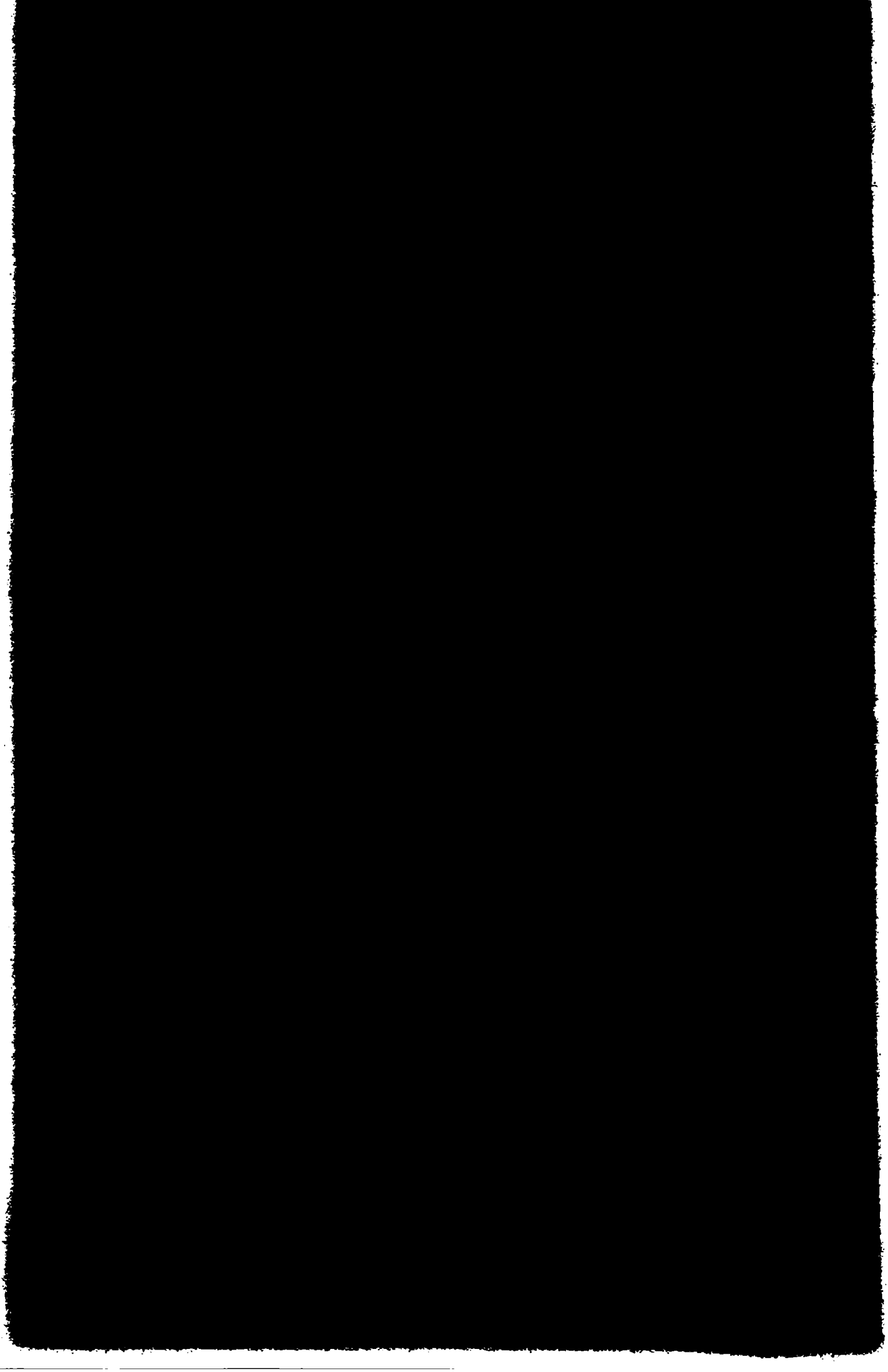
Los granos más gruesos de estas arenas son los llamados *Lapilli* ó *Rapilli* y los más finos semejantes por su tenuidad y ligereza al polvo, constituyen lo que se llama cenizas volcánicas.

La arena volcánica no resulta solamente de proyecciones verticales; sucede á veces que se ve escapar de los cráteres verdaderos arroyos de arena. Casiodoro ya señalaba este hecho en el Vesubio en 512, el mismo se reprodujo en 1631 y Monticelli lo ha igualmente observado en 1823. A lo largo del cono descendían dos corrientes únicamente formadas de arena seca y el polvo, elevado por el viento, le daba la apariencia de dos arroyos de humo.

Conocida la constitución de las diversas arenas, á cada una de ellas le cabe á su vez una división por el tamaño de sus granos. Generalmente existen cuatro clases: arenas gruesa, media, fina y muy fina. Sin embargo, en los ensayos al tamiz que efectuamos de las diversas muestras, hemos clasificado el tamaño de los granos en cinco clases, reconociendo las cuatro ya indicadas, pero precediéndolas por el de las gra-

vas finas; de ese modo pueden considerarse las dimensiones en este orden: granos cuyas dimensiones son tales que quedan retenidos por el tamiz de 1 mm., son gravas finas; granos de 1 mm. á 0.5 mm. corresponden á la arena gruesa; de 0.5 mm. á 0.25 mm. á la arena media; de 0.25 mm. á 0.125 mm. á la arena fina y por último, granos cuyas dimensiones eran menores que las aberturas del tamiz de 0.125 mm. corresponden á la arena muy fina.

Por esta clasificación puede establecerse á qué clase corresponde una arena de constitución conocida y permite determinar el porcentaje de las dimensiones de sus granos, lo que tiene importancia para la fabricación de vidrios, porque une un dato más para el reconocimiento de su grado de fusibilidad.



## NATURALEZA DE LAS ARENAS UTILIZADAS EN LA FABRICACIÓN DE VIDRIOS

Estudiadas y clasificadas las diversas clases de arenas que se encuentran en la naturaleza, quédanos ahora determinar cuáles son las utilizables para la obtención de vidrios blancos y de color.

De la pureza del producto á obtener, depende la naturaleza de la arena á usar; así cuando se quieren fabricar objetos finos bien incoloros, las arenas deben ser blancas y sin ninguna substancia extraña perjudicial, mientras que si se quiere obtener vidrios comunes de botellas, la arena puede ser bastante heterogénea é impura.

Juntamente con aquellas, en las fábricas de vidrio y sobre todo de vidrios finos, se usa el cristal de roca, el cuarzo y piedras de sílice que se encuentran en muchas regiones mezcladas con la tierra vegetal.

Pero en igualdad de condiciones de pureza, los vidrieros prefieren las arenas al cuarzo y piedras silicosas por el estado de división del grano; de este modo la sílice se encuentra más favorable á la vitrificación, mientras que á aquellos es necesario someterlos á una operación prolongada y cara.

Debido á la desigual distribución de todos estos productos, el lugar para establecer una fábrica de vidrios debe de preferencia estar cerca de las regiones de su producción, más bien que de los centros de población que dan salida á los productos fabricados. Esto sobre todo debe tenerse en



cuenta en nuestro territorio tan dilatado, donde las materias primas están tan lejos y el transporte todavía es difícil.

La arena la más apta para obtener el mejor vidrio, es naturalmente la más blanca y pura, exenta de materias extrañas.

Por la apariencia externa puede juzgarse de su pureza: si es perfectamente blanca y observada á la lente se la ve compuesta de pequeños cristales transparentes, semejantes al cristal de roca, se puede obtener vidrios incoloros; tal como sucede con las arenas de Fontainebleau, Campines, de la isla del Wight, etc.

Sin embargo éstas á pesar de su pureza son sometidas á un lavaje con agua, para sacarles las materias orgánicas y otros productos extraños, por simple densidad. Se efectúa este lavaje en planos inclinados ó en grandes cajas, dentro de las cuales se coloca la arena y se hace caer el agua, agitándola de continuo; de este modo las cajas se llenan de agua y las substancias más livianas son llevadas á la superficie, cayendo luego por los bordes y queda la arena pura en el fondo. Luego se decanta el agua y se la retira haciéndola secar al sol.

Si la arena va á ser utilizada para la fabricación de cristales, el lavaje es más necesario porque arrastra las partes calcáreas y aluminosas que no deben emplearse.

Pero como las arenas bien puras no abundan, y por lo general contienen pequeñas proporciones de óxido férrico perjudicial para el vidrio incoloro, en las vidrierías europeas se les lava con ácido clorhídrico diluido y á temperatura elevada.

Algunos prefieren el sulfúrico para esta disolución, pero me parece más conveniente el primero por su precio y por la facilidad que tiene de disolver el fierro, que es mayor, en las condiciones que se presenta en las arenas, que la del segundo.

Constituye esto una operación algo costosa y larga que

compensa, muchas veces, los gastos de transporte y derechos de las arenas puras traídas de otras regiones, pudiéndose utilizar las de las inmediaciones de la fábrica.

Entre nosotros, si se quiere emplear las arenas del país, á muchas de ellas es necesario someterlas á estos dos lavajes, uno con agua, para arrastrar todos los productos extraños provenientes de las aguas que las bañan, y otro con ácido clorhídrico diluido para extraerles las capas de óxido férri-co que contienen.

En los resultados de los análisis de las arenas que á la terminación de este trabajo adjuntamos, se nota que todas contienen más ó menos fierro y muy pocas se encuentran en las condiciones de las de Fontainebleau y Campines.

A continuación del lavaje, en muchas fábricas, someten las arenas á la calefacción á alta temperatura con el objeto de hacerlas menos coherentes y más aptas para la fusión, debido á la pequeñez de sus cristales, que facilita la vitrificación. Sin embargo esto no es recomendado por todos, pues algunos (1) que han operado de este modo y con las arenas directamente secadas al sol, no han notado diferencia en la rapidez de la fusión.

Un químico alemán, E. Engel, ha tratado de explicar esta elevación de temperatura á que se someten las arenas, suponiéndolo una oxidación. De igual modo, dice el mismo autor, que el  $As_2O_3$  translúcido y opaco se transforma por oxidación en  $As_2O_5$  transparente y cristalino; la sílice en las diversas clases de arenas puede sufrir una sobreoxidación por la elevación de temperatura. Sin embargo, esto no ha sido comprobado por análisis rigurosos de laboratorio.

---

(1) G. Bontemps. Guide du Verrier, pág. 47. — París, 1898.

En cuanto á las arenas utilizadas para la fabricación de vidrios ordinarios coloreados, como los de botellas, son las más variadas, pudiendo emplearse las que siempre existen en las inmediaciones de las fábricas; es menester, sin embargo conocer su composición química para agregarles las bases, que van á formar el silicato en las cantidades convenientes.

Hemos dicho que también se usa en la fabricación de vidrios puros, el cuarzo hialino. En Bohemia es el elemento por excelencia empleado, y para ello lo someten á una operación previa, con el objeto de reducirlo á arena, fácil de entrar en fusión. Los fragmentos de cuarzo extraídos de las rocas son llevados á la temperatura del rojo cereza en hornos especiales y luego se hacen caer en grandes cubas con agua.

El cuarzo calentado sufre una dilatación y por la diferencia de temperatura, se contrae bruscamente, resquebrajándose y sufriendo un fenómeno análogo al que se produce en las lágrimas batávicas. Enseguida esos pedazos son reducidos á polvo con muelas de piedra dura, y tamizadas, obteniendo una arena pura exenta de óxidos colorantes.

Una variedad de cuarzo que durante algún tiempo se usó en Bohemia en la vidriería de Baccarat, son los cantos rodados encontrados en el fondo y los bordes de los ríos cercanos. De estos cantos rodados se eligen los más blancos, que son sometidos á una operación semejante á la de los fragmentos de cuarzo y luego se les pulveriza, sometiéndolos á veces á un lavaje clorhídrico por el óxido férrico que contienen.

◊ **Composición química de las Arenas.**—El elemento primordial en las arenas y que constituye la base para la obtención del vidrio, es el anhídrido silícico.

El cuarzo comprende toda la variedad de sílice cristalizada ó que presenta apariencia cristalina, está dotado de transpa-

rencia, que persiste aún á altas temperaturas. A veces no es más que anhídrido silícico puro, con aspecto de vidrio incoloro ó de color lechoso y translúcido; otras se encuentra unido á pequeñas cantidades de óxidos metálicos, de fierro, titano, etcétera, que le dan diverso color y constituyen las impurezas, que es necesario tener en cuenta para usarlos en la fabricación de vidrios.

En las arenas, cuando sus granos son incoloros y transparentes, no son más que pequeños cristales de cuarzo puro que las constituyen, y por lo tanto el anhídrido silícico es el que predomina; pero por más pura que sea la arena, siempre contiene substancias extrañas, óxidos de fierro y aluminio, de manganeso, metales alcalino-térreos y alcalinos, que según la naturaleza de los productos á obtener pueden ser perjudiciales.

Si se trata de obtener vidrio incoloro, la presencia de óxido férrico y de manganeso en exceso, que son los más comunes de encontrar, es perjudicial; y si por el contrario es cristal lo que se quiere fabricar, la eliminación completa de los óxidos de aluminio y de calcio se hace necesaria.

En las arenas impuras, juntamente con los granos incoloros y translúcidos, se ven otros blancos opacos de calcáreos, rojizos ó negruscos de feldespato, láminas refringentes de mica ó pequeños cristalitos negros de fierro magnético; las proporciones de estas substancias extrañas es así grande, y la naturaleza del vidrio que ellas producen es muy inferior.

Sin embargo, debido á estas impurezas baja el punto de fusión de las arenas; y por ello son preferidas á las primeras para obtener vidrios de botellas, necesitando menos temperatura en los hornos.

Daremos á continuación los análisis de algunas arenas utilizadas en las fábricas de vidrios y de cristales de Francia (1):

---

(1) A. Meurice.—Cours de Analyse Quantitative; pág. 141.—1908.

	I	II	III	IV	V
Pérdida al rojo...	0.18	0.57	0.48	4.14	2.30
Si O <sub>2</sub> .....	98.84	96.43	95.24	83.16	86.75
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	0.17	0.19	0.68	4.00	2.34
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	0.41	2.21	1.28	7.00	4.72
Ca O.....	0	0.31	0.38	0	0.63
Mg O.....	0.10	0.29	0.14	0.97	0.90
Na <sub>2</sub> O.....	0	0	1.79	0.46	2.70
K <sub>2</sub> O.....	0	0	0	0	0.30
C O <sub>2</sub> .....	0	0	0	0	0

La primera es una arena de Marcinelle para cristalería; la segunda y tercera son arenas Campines para vidrierías y la cuarta y quinta son arenas comunes impuras, para la fabricación de vidrio común coloreado.

### **Algunos datos acerca del desarrollo de la industria del vidrio en nuestro país**

Entre nosotros, esta industria se puede decir que está en sus comienzos, pues si bien es cierto que existen varias fábricas en Buenos Aires y Rosario, los productos que fabrican no pueden competir con la pureza y baratura de los extranjeros.

La primera fábrica de vidrio que se instaló en Buenos Aires en 1871 con obreros y materiales extranjeros, fracasó; más tarde se instalaron dos nuevas fábricas «La Nacional» de Pini y Arrigorriá y la de Bordoni y Cia.

La primera, que era la más grande, obtenía el vidrio con hornos Boetius á crisoles, utilizando vidrios desechos, cal de Córdoba, arena de la Banda Oriental y soda, potasa y arsénico del comercio extranjero.

La segunda, más pequeña, también tenía hornos á crisoles, pero solo fabricaba el vidrio con restos de esta substancia; los productos que obtenían eran muy inferiores y se reducían solamente á fabricar el vidrio más impuro.

Con el objeto de exhortar á esta última empresa á ensayar las materias primas del país y al mismo tiempo proteger la industria Nacional, la Sociedad Científica Argentina elevó en 1876 una solicitud al ministerio de Hacienda pidiendo la exoneración del pago de la patente de la fábrica por el término de 3 años (1). Al mismo tiempo aquella iba acompañada de un informe en el cual se enumeraban todas las materias primas utilizadas en la fabricación de vidrios, que se encuentran en diversas regiones del país y que podían ser usadas en cambio de las extranjeras.

El Poder Ejecutivo exoneró del impuesto de patente por el término de 3 años á dicha fábrica, pero no hemos podido indagar si la fabricación se hacía con productos nacionales exclusivamente, como lo aconsejaba dicho informe.

Más adelante se establecieron otras fábricas en mayor escala, siendo una de las más conocidas hasta hoy la del señor G. Rigolleau. Los productos fabricados son muy variados y el vidrio obtenido es bastante puro; la mayoría de las materias primas son extranjeras y solo utilizan del país, el mármol y algunas arenas de nuestros ríos para la obtención de vidrio oscuro.

Como se ve, las fábricas de vidrio que existen, son pocas, solo hay 17 con una producción que no alcanza para el

---

(1) Anal. de la Sociedad Científica Argentina, tomo I, página 198. 1876.

consumo de la población. Esta industria ocupa el 69 lugar por su producción (1) y un puesto mucho más elevado por las materias primas empleadas; se ve pues que todavía falta mucho para que adquiriera su verdadera importancia y se le pueda considerar como una industria nacional.

Solo más adelante, cuando los medios de comunicación sean más fáciles y baratos, que se puedan llevar á los centros de población las materias primas que existen en el país, con verdadera ventaja á su importación, podrá adelantar y conseguir ocupar un rango importante entre nuestras industrias.

### **Teorías sobre la composición molecular del vidrio**

Cuando se somete la sílice en cualquier estado que se presente, á una elevación de temperatura tal, que llegue á su punto de fusión, en presencia de sales alcalinas y alcalino-térreas, el producto fusible, que resulta de esta unión recibe el nombre de vidrio; solo aquellas influyen para facilitar la fusión, puesto que la sílice puede llegar á fundirse, como lo comprueban experiencias efectuadas con el soplete oxhídrico.

La sílice por vía seca se combina con todas las bases á esa temperatura. Con aquellas que son fusibles dan compuestos vítreos igualmente fusibles, tales como los silicatos de sodio, potasio, plomo y bismuto, aumentando su fusibilidad con el aumento de su contenido en estas bases; mientras que con bases infusibles, cal, magnesia, alúmina, dan productos infusibles.

---

(1) Boletín de la Unión Industrial Arg. Abril 1911, pág. 16 y 18.

La cuestión de la fusibilidad de los silicatos es bastante compleja; Berthier ha efectuado muchas experiencias á este respecto y el resultado de su estudio ha dado la ley fundamental siguiente: «Una mezcla de silicatos es más fusible que los silicatos que le han dado nacimiento» (1).

De tal modo, que si se pone en presencia dos silicatos infusibles, se tendrá un producto relativamente fusible y el resultado será tanto más fusible cuanto mayor sea el número de silicatos simples puestos en presencia. Además, la fusibilidad será tanto más grande cuanto más numerosos sean los silicatos simples.

De estos fenómenos de fusión entre la sílice y los óxidos alcalinos y alcalino-térreos, dijimos que resultaba el vidrio, el que se presenta amorfo, frágil, duro, y con sus características principales, la falta de forma cristalina y su transparencia.

Esta última es producida por la forma de agregación de las moléculas de sílice, á la cual ha facilitado para llegar á esa temperatura, la cantidad más ó menos grande de álcalis ú óxidos metálicos agregados (2).

La falta de forma cristalina se explica considerando que si bien el vidrio está constituido por mezclas de substancias cristalizables, el rápido pasaje del estado pastoso, que puede considerarse su estado de fusión, al estado sólido, por brusco descenso de temperatura, hace que la molécula encontrándose instantáneamente contraída á la inmovilidad no pueda obedecer á su fuerza de cristalización y se fije en todas direcciones (3).

El vidrio, es una verdadera solución sólida, acercándose al estado líquido y al sólido; al primero por su homogeneidad

---

(1) L. Coffignal.—Verres et Emaux, pág. 5. París, 1900.

(2) G. Bontemps.—Guide du Verrier; obra citada, pág. 54.

(3) I. Guareschi.—Enciclopedia di Chimica. Tomo V, pág. 151, 1909.



en todas direcciones; al segundo por la resistencia que opone á la penetración y por la propiedad que tiene de conservar su forma sin necesidad de un soporte.

De tal modo, que toda vez que un líquido se solidifica sin que pueda intervenir la cristalización, se tiene siempre un cuerpo vítreo; en las mismas condiciones que el vidrio propiamente dicho, se encuentran el ácido arsenioso, el azúcar fundido, el selenio-vítreo, etc. Sin embargo, este trabajo de cristalización que no ha tenido el tiempo de cumplirse por la rápida cesación del movimiento orbital de la molécula, se realiza después de un tiempo más ó menos largo en estas últimas.

El azúcar fundido, el ácido arsenioso, pierden á la larga su aspecto vítreo y aún muchos vidrios presentan con el tiempo en su disposición molecular una modificación que puede considerarse como una tendencia á la cristalización; tendencia que la resistencia de la molécula á la translación hace poco extensivo, pero que se determina en el cambio de orientación de cada molécula.

En el vidrio esta cristalización, conocida con el nombre de *devitrificación*, debe ser evitada en todo sentido. Existen silicatos definidos como el de calcio, sodio y magnesio que son cristalizables, mientras que los de potasio y plomo no lo son y se oponen á la cristalización de los silicatos terrosos con los cuales se encuentran mezclados.

El amorfismo es así una propiedad esencial del vidrio; si este amorfismo desaparece, es decir si toma la forma cristalina, cesa de ser vidrio.

Los vidrios más simples son los formados por un solo silicato; pero como ya hemos expresado, el vidrio propiamente dicho está constituido por lo menos de dos silicatos: el alcalino que actúa como fundente unido á uno ó más terrosos ó

metálicos, que le dan sus cualidades de dureza y resistencia.

Según la ley de Berthier, cuanto mayor sea el número de silicatos puestos en presencia para la fusión, ésta se efectuará á más baja temperatura, y es lo que se trata de efectuar industrialmente con el objeto de obtener un producto á bajo precio.

La soda y la potasa dan con la sílice compuestos vítreos fusibles, pero son solubles en agua y no pueden usarse como tales; son los llamados vidrios solubles que tienen otras aplicaciones.

La unión de uno de estos silicatos alcalinos á otro terroso da el vidrio común, ya sea á base de soda ó de potasa, que constituye el vidrio de Bohemia. Si en vez el silicato alcalino, generalmente de potasio, se une al de plomo, se tiene el cristal.

Sin embargo, la composición de los vidrios no es tan simple, pues la mayoría de las veces la sílice está combinada al mismo tiempo con la soda y la potasa y al silicato terroso ó metálico y por consiguiente contiene en esta forma muchas bases.

En su composición química, se nota que el elemento que actúa como ácido, la sílice, puede combinarse á las bases en proporciones muy variables; por esto el vidrio difiere de otros productos de la industria, pues, por mínima que sea la variación en su composición, trae como consecuencia un cambio notable en su calidad.

Según Beurath, químico ruso (1), puede considerarse el vidrio como una mezcla, una solución sólida, de un producto que se llama vidrio *normal* y de una cantidad más ó menos grande de sus mismos elementos, de función ácida ó básica.

---

(1) I. Guareschi.—Enciclopedia di Chimica. Obra citada; Tomo V, página 161.—1909.

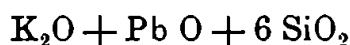
La composición del vidrio normal según este autor, debe acercarse á la siguiente:



Habr  á lo menos dos y   lo sumo tres equivalentes de sílice para un equivalente de materia fundente y por consiguiente los vidrios cuya composición pasa de estos límites, los considera defectuosos.

La soda puede ser reemplazada por cantidades equivalentes de potasa, y la cal por la barita, la magnesia, el óxido de plomo y aún mismo por los óxidos colorantes, teniendo en cuenta siempre sus respectivas valencias.

Substituyendo la soda por la potasa, se tendrá el vidrio normal de Bohemia:  $\text{K}_2 \text{O} + \text{Ca O} + 5 \text{SiO}_2$  y reemplazando en esta última, la cal por el óxido de plomo se tendrá un cristal normal:  $\text{K}_2\text{O} + \text{Pb O} + 5 \text{SiO}_2$ ; aunque comunmente se considera   la composición del cristal  $6 \text{SiO}_2$ , en lugar de  $5 \text{SiO}_2$  en esta forma (1):



A este vidrio normal se asociarán sus mismos elementos para dar el producto industrial que se puede considerar como una mezcla de polisilicatos de bases monovalentes, con silicatos de bases bivalentes asociados en proporciones variables:



Para que el vidrio resultante sea durable y no se efectúe su cristalización es necesario que estos dos coeficientes (a) y (b)

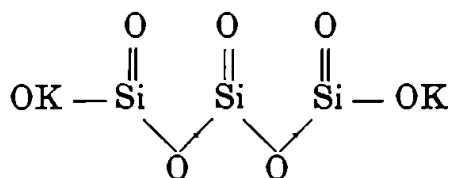
---

(1) I. Guareschi.—Supplemento di Chimica; 1899, pág. 61.

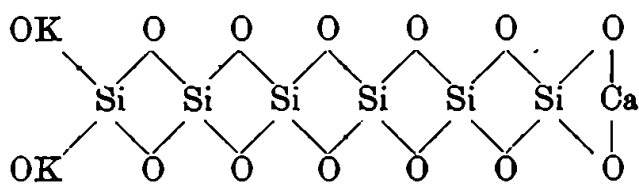
no sean iguales, ni que pasen los límites siguientes:  $a^5 : b^7$  y  $a^5 : b^0$ .

En estos límites, cada elemento puede ser substituido por otro teniendo en cuenta su valencia, pues á diferencias de pesos atómicos corresponde diferencias en el porcentaje.

A pesar de estos trabajos, la constitución del vidrio no está dilucidada. Si se le considera como un silicato doble de composición  $(K_2O, 3 SiO_2) + (CaO, 3 SiO_2)$  sus propiedades difieren de las de cada silicato por separado y es difícil hacer concordar las combinaciones que respondan á esta fórmula. Pero en cambio no considerándolo así y admitiendo un ácido silícico diferente para los silicatos simples, puede considerarse á estos como sales neutras del ácido trimetasilícico bibásico:  $3 SiO_3 (OH)_2$ , de constitución:



mientras que el vidrio puede considerarse como una sal neutra del ácido tetrabásico exaortosilícico  $Si_6O_{10} (OH)_4$ , de constitución:



La composición anormal de las varias especies de vidrio, según el concepto de Benrath, se explica admitiendo que este exaortosilicato cálcico-potásico, constituya la masa fundamental común de todo el vidrio, masa que al estado de fusión

posee la propiedad de actuar como medio disolvente de otros silicatos, aluminatos, fosfatos, etc., de óxidos metálicos y aún de anhídrido silícico.

En un vidrio que contenga un exceso de una base con respecto á otra, puede formarse una mezcla de metatrisilicato y exaortosilicato y como el primero es fácilmente atacable por los ácidos y otros agentes, el vidrio que resulta presentará resistencia menor cuanto mayor sea su contenido en metatrisilicato.

Por la fusión de la mezcla vítrea se formará primero ortosilicatos y solamente después metatrisilicatos si la relación ya indicada es diferente en proporción.

Zulkowsky, que ha efectuado interesantes estudios sobre diversos productos de la arcilla, concuerda con algunas ideas de Benrath, considerando también la existencia de un vidrio normal, haciendo derivar los silicatos formados del ácido metasilícico bibásico.

En resumen, Benrath considera que un vidrio tiene un valor tanto más grande cuanto mayor cantidad de vidrio normal contenga; el excedente de sílice ó bases, será una impureza que no puede sino desmerecer la calidad del producto.

**Relaciones entre la composición química del vidrio y su fusibilidad.**— Cualquiera que sea la constitución del vidrio, su composición influye notablemente sobre su fusibilidad.

El punto de fusión de un vidrio depende: de la proporción entre la sílice y la base, que hace el papel de fundente; de la naturaleza de estos fundentes y de su número (1).

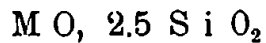
En proporciones iguales de bases fundentes, la fusibilidad depende del contenido en ácido silícico. Cuanto mayor sea la

---

(1) G. Coffignal.—Obra citada, página 25.—1900.

cantidad de sílice, mayor también será el punto de fusión y menos fluido el vidrio.

Se ha visto que la composición media de un buen vidrio puede ser representada por la fórmula:



donde M O representa la totalidad de las bases fundentes.

Menor cantidad de sílice que la indicada por esta fórmula, dificulta el trabajo del vidrio resultante, por hacerlo muy fluido; y mayor cantidad conduce á la devitrificación, la que parece producirse por la cristalización de la sílice ó de los silicatos.

Todos los óxidos no actúan de la misma manera sobre la fusibilidad del vidrio. Según los trabajos de Richter y Bischof, cantidades equivalentes de fundentes tienen la misma influencia sobre aquella. Esta ley, que es bastante exacta para las arcillas cuya proporción en fundentes es débil, no es aplicable para los vidrios, mucho más ricos en aquellos y fusibles á temperaturas más bajas.

Entre los óxidos metálicos que dan vidrios incoloros, la escala de fusibilidad es la siguiente:

1. óxido de plomo.
2. » » bario.
3. » » sodio.
4. » » potasio.
5. » » zinc.
6. » » calcio.
7. » » magnesio.
8. » » aluminio.

Si se reemplaza un óxido por el que le sigue, se tiene un vidrio menos fusible y si se toma al contrario uno de los

que le preceden, se tiene un vidrio que lo es más, siempre que esta sustitución se efectúe en cantidades equivalentes.

Los óxidos metálicos colorantes actúan de una manera análoga y es inexacto considerar un vidrio coloreado como una simple disolución de un óxido colorante en uno incoloro.

La escala de fusibilidad es la siguiente, empezando por el más fusible:

1. óxido de cobre.
2. » » plomo.
3. » » manganeso.
4. » » cobalto.
5. » » fierro.
6. » » uranio.
7. » » cromo.
8. » » nickel.

En general los óxidos de pesos atómicos más elevados son aquellos que influyen más en la fusibilidad; pero para los óxidos colorantes esto es menos sensible, pues sus pesos atómicos difieren poco los unos de los otros.

En los vidrios representados por su composición centesimal, el contenido en sílice es tanto más débil cuanto más elevado es el peso atómico del fundente. Los vidrios que contienen los fundentes más enérgicos son entonces los que, relativamente, son más pobres en sílice y por lo tanto más atacables.

En resumen, se puede hacer un vidrio más fusible, aumentando la proporción de las bases fundentes, ó disminuyendo el contenido en sílice, pero quedando siempre en la relación de estas bases fundentes á la sílice, cercano á la del vidrio normal de Benrath de 1: 2.5.

Reemplazando una base fusible por otra más enérgica, en cantidades equivalentes, y aumentando el número de estas bases fundentes, la fusibilidad aumenta; igualmente se consigue esto introduciendo la sílice en la composición vitrificable en granos lo más finos posibles.

## **Materias primas empleadas en la fabricación de vidrios**

**Sílice.**—La base de la composición del vidrio, como acabamos de verlo, es la sílice, la cual se encuentra en la naturaleza bajo las diversas formas que ya hemos indicado anteriormente.

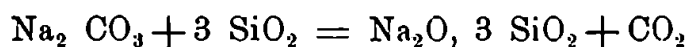
Indicaremos solamente que siempre se trata de usar la sílice más pura posible, exenta de substancias extrañas para la fabricación de vidrios incoloros, mientras que en la obtención de los impuros, el empleo de la sílice ferruginosa, calcárea, etc., es preferible, porque aumenta su fusibilidad, siendo por lo tanto, favorable á la vitrificación. Además para favorecer á ésta, se usa casi siempre la sílice en el mayor grado de división; de ahí que se prefieran las arenas á los otros productos silicosos, el cuarzo, silex, etc., que es necesario someterlos previamente á una pulverización lo que resulta más oneroso.

Por último, en algunas fábricas utilizan silicatos naturales, tales como basaltos, traquitas, obsidiana, piedra pomez, lava, con el objeto de obtener algunas otras calidades de vidrios y cuando se les puede procurar á bajo precio, ellos reemplazan con ventaja á las arenas por su contenido en cal y álcalis; pero á causa de su riqueza en alúmina y en fierro, el empleo de estos silicatos es limitado á la producción de vidrio de botella.



**Sales alcalinas.—Carbonato de sodio:** El carbonato de sodio en su estado mayor de pureza, tal como se vende en el comercio, es actualmente el fundente preferido para la obtención de vidrios puros incoloros.

Este cuerpo á altas temperaturas y en presencia de la sílice, se combina con ella dando el silicato alcalino que, á su vez, sirve de fundente á la base terrosa.



Pero no siempre se ha empleado en esta forma de pureza el carbonato de sodio. Las sales alcalinas que antiguamente se usaban en vidriería eran las cenizas de diversas plantas marinas, conocidas comercialmente con los nombres de kalp, varech, salicor y barilla; éstas contenían además del carbonato sódico, más ó menos la mitad de su peso de carbonato de cal, óxido férrico, óxido de aluminio, etc., dando lugar siempre á un vidrio coloreado de ínfima calidad.

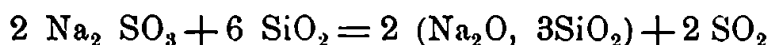
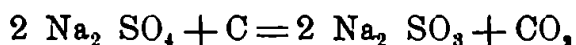
Más adelante, cuando en 1892 Leblanc, ideó su método de obtención del carbonato de sodio por el cloruro, aunque no llegó á obtener un producto puro, se le substituyó por iniciación de los vidrieros franceses, á las cenizas de las plantas marinas, con notable ventaja para esa industria.

Cuando Solway con su método de preparación de la soda al amoniaco, produjo para el comercio un producto casi químicamente puro, la industria vidriera pudo obtener vidrios finísimos, si bien la agregación de carbón propuesta por Benrath á la soda Leblanc, había ya hecho mejorar notablemente sus productos.

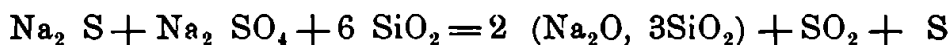
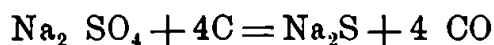
No obstante se trató más tarde de utilizar otras substancias menos caras y de ahí que se emplea actualmente de preferencia el sulfato de sodio, y aún se ha propuesto usar el cloruro de sodio.

**Sulfato de sodio.**—En lugar de carbonato de sodio se emplea generalmente el sulfato de sodio para la obtención de vidrio común de vidrieras y soplado. Pero el sulfato de sodio es lentamente descompuesto por el anhídrido silícico á altas temperaturas; solo se favorece su acción por el agregado de carbón en polvo que ayuda á reducir el sulfato.

Se puede admitir con Baudremont y Pelouze que la reacción que se produce entre el sulfato de sodio, la sílice y el carbón es la siguiente: el sulfato es reducido á sulfito por el carbón con desprendimiento de anhídrido carbónico y aquel en presencia de sílice da el silicato fusible con desprendimiento de anhídrido sulfuroso.



Sin embargo Fremy interpreta la descomposición del siguiente modo:



Pero esto no está conforme con la realidad; pues este autor admite el desprendimiento de óxido de carbono, gas combustible que á esa temperatura debía estar acompañado de la producción de su llama característica, pero esta no se observa; además Schott ha demostrado la completa ausencia de óxido de carbono en los gases desprendidos de la masa en reacción.

El carbón que se agrega al sulfato de sodio para obtener vidrios finos es el de leña, mientras que se usa el fósil ó coke

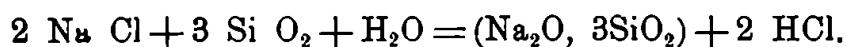
para los vidrios ordinarios y eligiéndolo siempre de manera que contenga la menor cantidad posible de fierro para evitar la coloración.

No debe emplearse mucho carbón, puesto que un exceso reduce más de lo conveniente el sulfato, dando sulfuro de sodio que colorea fuertemente el vidrio en amarillo. Como es difícil determinar exactamente la cantidad á agregar, se une á menudo á la masa ácido arsenioso, el cual oxida el sulfuro á sulfato volatilizándose el arsénico libre; otros en cambio agregan un poco de mínio que produce el mismo efecto y de ahí la pequeña cantidad de plomo que tienen algunos vidrios.

En esta reducción, el anhídrido sulfuroso que se elimina no se recupera en la mayoría de las fábricas, perdiéndose en esta forma un producto que podría regenerar de nuevo al sulfato de sodio puro, evitándose en esa forma el gasto inútil por el empleo del que se vende en el comercio que contiene óxido férrico.

**Cloruro de sodio.**—Se ha tratado de emplear el cloruro de sodio por el sulfato y carbonato de sodio, para hacer aún más económica esta fabricación; sin embargo dos causas se oponen á esta aplicación: una depende de la volatilidad del cloruro de sodio, que á la temperatura elevada de vitrificación es en parte eliminado y la otra debido al hecho de que el anhídrido silícico no descompone directamente el cloruro de sodio.

La descomposición del cloruro y la formación del silicato de sodio, solo puede tener lugar cuando interviene juntamente el agua, la cual determinará la formación de ácido clorhídrico:



Pero el vapor de agua que proviene como producto directo de la combustión ó como humedad persistente en los com-

bustibles, á la temperatura elevada de la atmósfera del horno; no puede por la exigua superficie de contacto con la masa vítrea, aún en los hornos de cuba, actuar sobre ésta, sino en débil proporción y la mayor parte del cloruro de sodio se volatilizará ó caerá en el crisol constituyendo la *hiel de vidrio*.

Al efecto se hicieron varios ensayos y Blanc y Bazille consiguieron obtener silicato de sodio, calentando fuertemente en corriente de vapor de agua sobrecalentado una mezcla de cloruro de sodio y anhídrido silícico; método que Ungerer con una oportuna modificación consiguió hacerlo industrial.

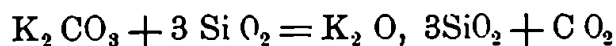
Actualmente en algunas fábricas se usa mezclándolo con sulfato de sodio é hidrato de calcio, en proporciones convenientes; de este modo el agua originada de la descomposición de este último, por efecto de elevación de temperatura descompondrá al cloruro, dando óxido de sodio necesario para la vitrificación.

Otra sal de sodio que también se ha empleado, pero cuyo uso no se ha difundido debido al costo elevado, es el borato de sodio, que da vidrios de color de buena calidad y también blancos muy puros; sólo tiene el inconveniente de alterar sensiblemente á los crisoles por ponerse en libertad ácido bórico.

**Carbonato de Potasio.**—Cuando se trata de obtener cristales ó vidrios poco fusibles de gran pureza, la sal alcalina preferida para ello es el carbonato de potasio.

Esta sal existe en el comercio bastante pura, obtenida por su industria especial, ó como residuo de otras industrias, sobre todo de la del azúcar.

La acción de esta sal sobre la sílice á altas temperaturas, es igual que la del carbonato de sodio, solo que se obtiene con ella un producto menos fusible.



Antiguamente se usaban de preferencia las cenizas vegetales, ricas en potasio, solo que estas no estaban totalmente constituidas de carbonato de potasio puro, sino tenían además sulfato y cloruro de potasio, anhídrido silícico, carbonato de calcio, carbonato de magnesio, etc. Sometían estas cenizas á una lixiviación simple que daba la potasa bruta y que contenía de 60 á 70 % de carbonato de potasio. Para conseguir mayor pureza era este último por segunda vez lixiviado, con su peso de agua; filtraban y evaporaban, obteniendo así el carbonato de potasio, bajo la forma de un polvo blanco que se empleaba para la obtención de vidrios incoloros. La parte insoluble se utilizaba para los vidrios ordinarios.

El cloruro de potasio puede llegar á ser empleado en sustitución del carbonato, aunque presenta el mismo inconveniente que el cloruro de sodio en presencia de la sílice, pero sometido al tratamiento que indicamos puede con ventajas ser empleado; sin embargo su precio elevado hace preferir el carbonato.

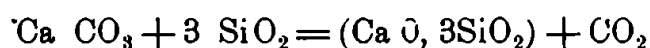
Con el mismo fin algunos materiales potásicos naturales, feldespatos, granitos, etc., se emplean en algunas fábricas.

**Sales Terrosas—Carbonato de Calcio.**—La substancia terrosa usada de preferencia en la mayoría de las fábricas de vidrio es el carbonato de calcio bajo las diversas formas, que se presenta en la naturaleza, ya sea en la de creta, de mármol, de cal ó de conchillas, siempre que reúna las condiciones de pureza necesaria para la obtención de vidrio puro.

Pero la más conveniente es la creta pulverizada, que presenta ventajas sobre las otras, porque no es necesario someterla á una pulverización y cocción previa, operación que es larga y costosa; esto unido al hecho que por ésta el carbonato se transforma en óxido, que es necesario apagar,

agregándole agua que aumenta su peso en cantidad variable, constituyendo así una causa de error en la cantidad á usar para la vitrificación.

Además el uso del carbonato es más conveniente que el óxido, porque al producirse la fusión, se desprende anhídrido carbónico, que remueve la masa haciendo más íntima la mezcla de los diversos productos.



En las fábricas argentinas se usa el mármol puro, para los vidrios incoloros, previamente pulverizado, y para la obtención de vidrio ordinario se usa conchillas tal como se encuentran en la naturaleza.

Lo que debe cuidarse en los calcáreos empleados, es que no contengan impurezas nocivas para la coloración del vidrio, así el carbonato ferroso que á menudo se encuentra, lo hace impropio para la obtención de vidrio blanco, pues colorea la masa vítrea en verde oscuro más ó menos intenso, según su cantidad. El carbonato de magnesio no constituye un grave inconveniente, solo hace menos fusible la masa.

Muchos calcáreos contienen juntamente arcilla, la cual puede ser muy dañosa por la cantidad de fierro que contiene y porque disminuye la fusibilidad de la masa.

Otras sales á base de cal, son también utilizadas en vidriería, solo que su objeto no es el de formar la base infusible del vidrio, sino el darle ciertas propiedades especiales. Entre estos se encuentra el fosfato de calcio y el espato fluor, (fluoruro de calcio), que transforman el vidrio transparente en opaco, con diversa intensidad según sus proporciones.

El fosfato de calcio generalmente usado, es el que proviene de la calcinación de los huesos de animales, y además

de esa sal contiene pequeñas cantidades de cloruro de sodio y de fosfato de sodio y amonio.

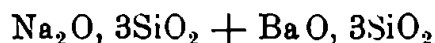
**Sales de bario y estroncio.**—Con resultados muy ventajosos se ha substituído el empleo de la cal, en muchas fábricas de vidrio, por las sales de bario y estroncio.

Las primeras más usadas son el carbonato y el sulfato ó espato pesado, y las de estroncio, la estroncianita ( $\text{Sr}_2 \text{CO}_3$ ).

Estas substancias fueron propuestas á la industria moderna por Dobereiner, y Clay y Smith la aplicaron.

Las sales de bario producen un vidrio muy blanco, pesado y de aspecto parecido al cristal, á tal punto que en muchas cristalerías se ha substituído al óxido de plomo, el sulfato de bario, obteniéndose un cristal con su vivo brillo y su densidad elevada.

Pero para vidrios comunes la sal más usada es el carbonato de bario, que se funde igualmente que el calcáreo, en presencia de sílice y bases alcalinas, produciendo un vidrio más fusible, de mayor peso y con más esplendor que el vidrio ordinario; su composición es la siguiente:



El carbonato de estroncio empleado de igual modo que la sal de bario, da por resultado productos muy semejantes á aquéllos.

Por la naturaleza del vidrio obtenido, estas bases son utilizadas sobre todo para la fabricación de vidrios de óptica y vidrios especiales, que pueden substituir con provecho al cristal; pero es desventajoso obtener con ellos vidrios ordinarios.

**Restos de vidrios.**—Otra substancia que, si bien no constituye una materia prima se emplea juntamente con las mez-

clas á vitrificar en todas las vidrierías, y aún constituye en otras la verdadera materia prima, son los restos de vidrios obtenidos durante el trabajo del vidrio y los pedazos que se adquieren en el comercio; representando su uso, una importante economía para la fábrica.

Si se produce diversas clases de vidrios, los restos deben ser cuidadosamente separados por su naturaleza y color, sometiéndolos previamente á un lavaje para sacarles todas las substancias nocivas.

Para la fabricación de vidrios de botellas verde ó pardo, se utilizan los restos de vidrios de cualquier procedencia.

**Otros óxidos empleados.**—Además de los ya indicados, en vidriería se usa ciertas bases para fabricar el vidrio tales como óxido de plomo, de zinc y de bismuto que reemplazan á la cal, barita, estronciana, etc. Pero los productos obtenidos tienen propiedades muy diversas al vidrio común, puesto que constituyen el cristal.

**Descolorantes.**—La presencia en las diversas substancias necesarias para fabricar el vidrio, de óxido férrico, de sulfuros y materias orgánicas, tiene por resultado comunicar á la masa vitrea una coloración más ó menos intensa, aún si se han empleado materias primas puras. Para remediar este inconveniente se agrega á la masa en fusión substancias capaces de destruir esta coloración, ya sea que actúen por oxidación ó sea por la producción de un color complementario de aquél que se quiere suprimir, ó por las dos causas á la vez.

Los descolorantes más empleados son el bióxido de manganeso, anhídrido arsenioso, nitrato de potasio, óxido de nickel, el selenio y aún el oxígeno comprimido.



*Bióxido de Manganeso.*—Desde muy antiguo son conocidas las propiedades descolorantes del bióxido de manganeso y aún actualmente es el más usado, conociéndosele con el nombre de jabón de los vidrieros.

Se emplea bajo la forma de pirolusita que se encuentra bastante pura en el comercio y bajo sus diversos estados obtenidos en el proceso de regeneración de otras industrias.

Diferentes explicaciones se han dado de la acción descolorante del bióxido de manganeso y por las experiencias efectuadas parece que su acción es doble. Una de oxidación destruyendo los sulfuros y las materias carbonosas contenidas en la masa en fusión, y otra de coloración que según Liebig débese á la formación de silicato manganeso ligeramente coloreado en violeta, color complementario del verde producido por el silicato ferroso, dando por resultado un vidrio incoloro.

Esta opinión de Liebig es compartida por Kohn, que con sus experiencias en mayor escala lo comprueba, y Körner lo ha demostrado fundiendo dos vidrios, uno coloreado en verde por el fierro y el otro en rojizo por el manganeso, obteniendo un vidrio incoloro.

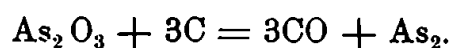
La cantidad á emplear de bióxido de manganeso debe ser pequeña y solo se agrega á la masa de vidrio una vez que está fundida, para evitar que las materias orgánicas, que existen en aquella, reduzcan todo el bióxido y por lo tanto impidan su acción.

Un exceso de bióxido empleado da un silicato violeta que comunica al vidrio una coloración rosada que puede destruirse por substancias reductoras. Es probable que aquella sea debido á la formación de un silicato mangánico, siendo solo incoloro el silicato manganeso.

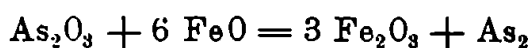
*Anhídrido Arsenioso.*—La acción ejercida por esta sustancia es doble; primero actúa mecánicamente por la propiedad que tiene de volatilizarse á altas temperaturas, mezclando íntimamente la masa fundida. Se agrega á la masa de vidrio fundido, en pedazos gruesos y densos, nunca bajo la forma de polvo; de este modo van al fondo del recipiente y por la temperatura elevada á que se encuentra, se volatiliza, produciendo vapores que se desprenden y remueven íntimamente la masa.

Además, el anhídrido arsenioso actúa químicamente cediendo fácilmente su oxígeno y reduciéndose á arsénico metálico que se volatiliza.

La acción colorante del carbono es impedida por su oxidación á óxido de carbono que se elimina:



El color amarillo debido al sulfuro de sodio es neutralizado por el anhídrido arsenioso, y el óxido ferroso es oxidado á peróxido, cuyo poder colorante es menor:



Aunque no puede afirmarse que quede parte de arsénico combinado químicamente con los constituyentes del vidrio, se ha comprobado en algunos vidrios, que para su obtención se ha hecho uso del anhídrido arsenioso, la presencia de pequeñas cantidades de aquel elemento.

*Óxido de Titano.*—Un descolorante, no empleado, pero de reconocida acción sobre la coloración producida por el  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , es el de titano. Su uso no se ha extendido debido posiblemente á su elevado precio, pero se aprovecha su acción

empleando productos que lo contienen. Sobre todo donde se encuentra más frecuentemente es con el cuarzo, constituyendo su coloración rosada, habiéndose reconocido su acción descolorante porque el empleo de este producto, daba origen á vidrios más puros, que empleando cuarzo incoloro.

Entre nosotros es de gran importancia por existir este cuarzo rosado en bastante cantidad, además de que casi todas las arenas contienen este óxido en mayor ó menor abundancia; pudiendo ser, que en aquellas donde la cantidad de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  es pequeña, su presencia fuese suficiente para ejercer la descoloración, sin agregarles otros descolorantes.

**Colorantes.**— El número de las sustancias que pueden ser empleadas para la coloración del vidrio es muy considerable. Las más usadas son los óxidos de fierro, cobre, cobalto, cromo, manganeso, nickel, uranio, antimonio, derivados de la plata, oro y selenio, sulfuro de cadmio y algunas sustancias orgánicas, empleándose poco los derivados del molibdeno y tungsteno.

La cantidad empleada de estos óxidos es muy pequeña para grandes cantidades de masa vítrea á colorear, solo que no es una disolución del óxido en esa masa, sino una verdadera combinación con los elementos que forman el vidrio.

---

## FUSIÓN DE LAS MEZCLAS Y OBTENCIÓN DEL VIDRIO

Con las materias primas que acabamos de estudiar, se preparan las mezclas vitrificables, que luego son sometidas á la fusión en hornos especiales para la obtención del vidrio.

La primera operación consiste en mezclar los materiales en proporción y naturaleza diversas, según la clase de vidrio á fabricar. No se puede hablar en general del modo de preparar esas mezclas para todos los vidrios, pues, para iguales materiales se obtienen vidrios muy diferentes, según las proporciones usadas.

Diremos solamente, que las materias primas antes se sometían á la fusión tal como se encontraban, generalmente en pedazos gruesos, pero se reconoció que era ventajoso reducirlos previamente á polvo, siendo por esa causa la mezcla más íntima y la fusión más fácil, resultando así un vidrio más homogéneo.

En las pequeñas usinas esta mezcla de los materiales pulverizados se efectúa en el mismo horno donde se produce la fusión, removiéndolo continuamente la masa; pero en las grandes, se emplean máquinas especiales que permiten mezclar considerables cantidades en poco tiempo.

Estas están dispuestas de tal modo, que una vez mezcladas las substancias, abriendo una puerta practicada en su fondo, caen á un recipiente especial que las transporta directamente al horno de fusión.

Llegadas las mezclas á los hornos, se les echa dentro de

los crisoles, ó á los estanques; allí por la elevación de temperatura se funden y reaccionan entre sí, dando nacimiento á la formación de silicatos y originándose el producto que llamamos vidrio. La formación de tales silicatos tiene lugar á la mas alta temperatura que el horno puede producir, y por lo tanto es calentado con el máximo de intensidad, durante este primer período de fusión.

El vidrio formado llega á su mayor fluidez, lo cual es indispensable para que los gases producidos por las sales que se descomponen, puedan desprenderse y contribuir así á mezclar íntimamente la masa fundida.

Manteniendo la temperatura elevada, se produce el llamado *refinamiento* de la masa, la formación de silicatos dobles continúa y el desarrollo gaseoso va disminuyendo.

Durante este período de refinamiento, debido á los gases que se desprenden en la fusión, se forma en la superficie una especie de espuma, llamada *hiel de vidrio* compuesta en su casi totalidad por sulfatos y cloruros alcalinos. Se debe la formación de aquella, á la volatilización de las sales alcalinas ayudada por la elevada temperatura que existe en el horno al empezar la fusión. Se la retira de la superficie por medio de aparatos especiales.

Cuando la masa de vidrio se vuelve clara y fluída, es indicio que está refinada y que el vidrio se encuentra pronto, para ser moldeado, al cabo de un cierto tiempo de haber hecho descender la temperatura del horno.

Al producirse la fusión, los silicatos dobles que se forman tienen un peso específico mayor, que el de los componentes de la mezcla y tienden siempre á caer al fondo del recipiente; además el vidrio formado adquiere un volumen mucho menor que el de la mezcla vitrificable, por cuya causa nunca pueden llenarse los recipientes de vidrio fundido.

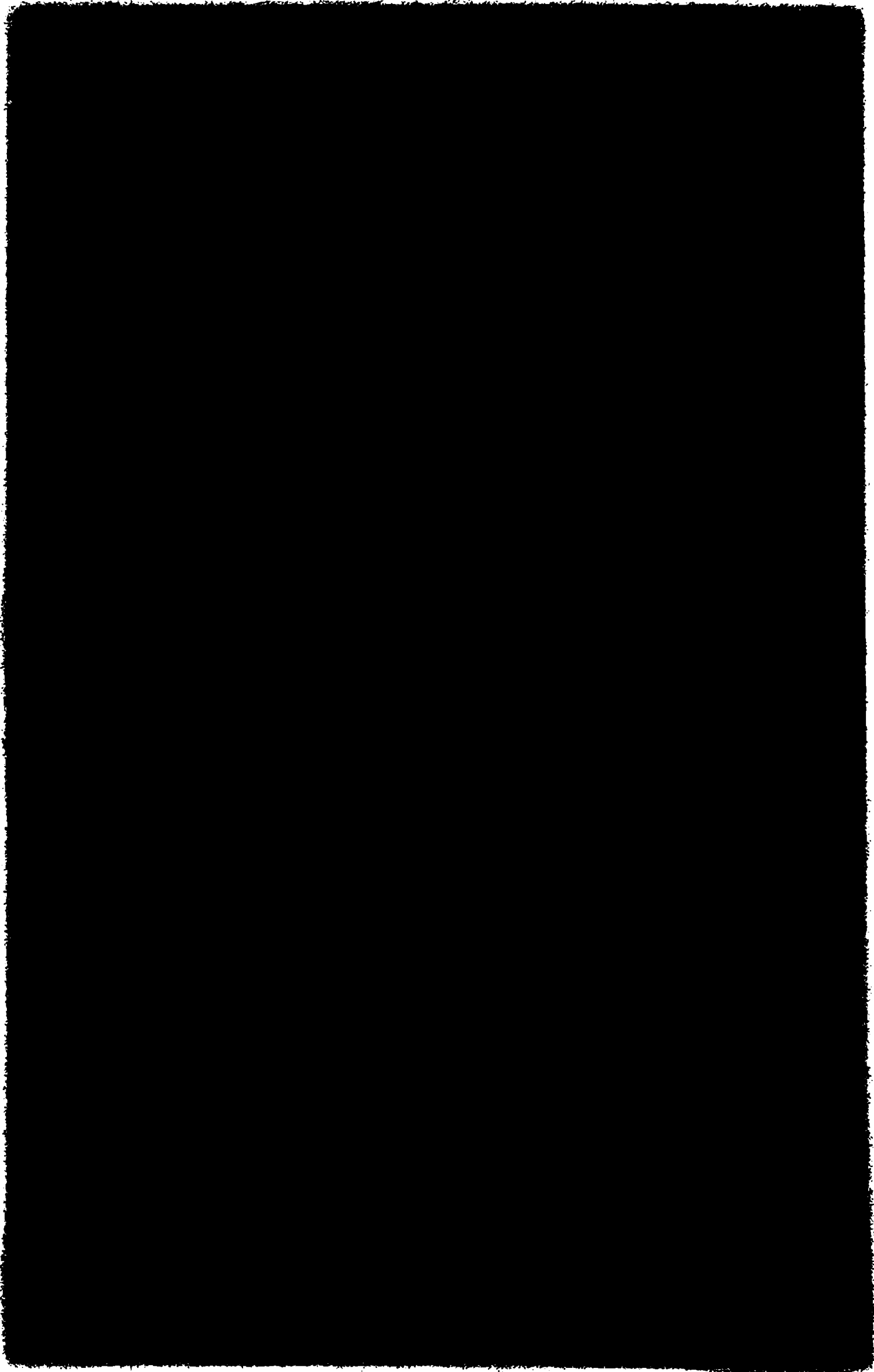
Para evitar el inconveniente que el uso de los hornos discontinuos origina, se han sustituido en las grandes fábricas modernas por los continuos, que consisten en una modificación de la cámara de fusión del horno Siemens y aplicación de un ingenioso método de enfriamiento.

El horno es el comunmente usado, solo la cámara de fusión está dividida en tres compartimentos por tabiques, dejando en su base canales que los permiten comunicar entre sí.

Puesta la mezcla vitrificable en el primer compartimento se funde, originando los silicatos dobles que van al fondo y pasan entonces por los canales del primer tabique al segundo compartimento; éste, provisto de un puente sobre el cual debe pasar la masa fundida y por la elevada temperatura que allí existe, se refina, pasando luego por los canales del segundo tabique al tercer compartimento, de donde se extrae el vidrio fundido para ser trabajado.

De este modo se puede ir agregando mezcla á vitrificar, al mismo tiempo que se trabaja el vidrio, sin que sea necesario detener la operación para empezar otra fusión.

---



## POSIBILIDAD DE UTILIZAR LAS ARENAS ARGENTINAS EN ESTA INDUSTRIA

**Análisis químicos, mecánicos, microscópicos y microfotográficos.**— Quédanos ahora dar á conocer los resultados de los análisis de arena que hemos estudiado, con el objeto de ser aplicadas en la fabricación de vidrios.

Nuestros deseos hubieran sido, poder dar resultados de casi todos los depósitos de arena explotables que existen en nuestro territorio, pero debido á la dificultad de conseguir muestras, nos hemos decidido presentar sólo algunos y de las regiones más cercanas á Buenos Aires.

Hemos tratado que fuesen de esta región para evitar en el caso de ser usables, un factor de gran importancia todavía entre nosotros, el acarreo; pues aunque se encuentren arenas muy puras, en las provincias andinas, su explotación y transporte costaría aún hoy día más, que importarlas del extranjero.

Por lo demás es difícil que tales arenas existan en esa región, si se tiene en cuenta el origen geológico muy diverso; siendo posible en las regiones del litoral, por las continuas lluvias y los lavajes que sobre ellas ejercen las corrientes de agua mas abundantes, que se encuentren con mayor pureza.

Con el objeto de comprobar esta acción, hemos efectuado análisis de las arenas existentes en una misma corriente de agua á diversas alturas de su curso; así, del río Paraná hemos analizado las de las costas á la altura de la ciudad de Corrientes, Paraná, Diamante, Rosario y cerca de su desem-



bocadura; del río Uruguay en Concordia, Concepción del Uruguay y más al Sud.

Hemos tratado que las distintas arenas estudiadas sean del tipo de la región á que pertenecen, de tal modo que pueda considerarse su composición como la dominante y así deducir su aplicación.

Además de las arenas de río indicadas, hemos estudiado otras ferruginosas y calcáreas de Entre Ríos y del sur de la Provincia de Buenos Aires, con el fin de conocer las substancias extrañas contenidas y su proporción, estableciendo la posibilidad de ser sometidas á métodos de purificación que permitiesen emplearlas en vidriería.

Juntamente con las arenas argentinas, tomamos dos muestras de arenas de Montevideo por usarse en algunas vidrierías de Buenos Aires y tres arenas extranjeras muy puras como término de comparación con las nuestras.

Haremos notar que por la imposibilidad de recoger las muestras personalmente, pueden existir ciertas diferencias con la composición general de los médanos ó depósitos á los cuales pertenecen; aunque se pueden considerar como de la composición media de su región, por las instrucciones dirigidas á las personas encargadas de recogerlas.

Algunas de estas arenas contenían pequeños trozos de roca, cantos rodados y piedras chinas que no hemos tomado en cuenta, separándolos previamente, pues en el caso de emplearse aquellas, serían fácilmente extraídas pasándolas por tamices de paso grueso.

Además hemos encontrado substancias orgánicas, generalmente restos vegetales, que tampoco se ha considerado, separándose antes de analizarlos, y que provienen de depósitos costeros, donde son arrastrados por las aguas.

El estudio que hemos efectuado de las arenas se puede dividir en cuatro partes

- 1.º Análisis mecánico.
- 2.º Análisis químico.
- 3.º Examen microscópico.
- 4.º Estudio microfotográfico.

**Análisis mecánico.**—Que juntamente puede llamarse físico por haberse determinado la densidad de cada una, comprende la clasificación de las arenas por el tamaño de sus granos.

Ya al estudiar la división de las arenas en la primera parte, hemos indicado la clasificación adoptada para su estudio.

Admitimos para el tamaño de los granos cinco tipos que separamos por tamices metálicos de cobre que tienen entre sus hilos, las dimensiones de cada uno de los tipos considerados.

Llamamos gravas finas los granos de tamaño mayor de 1 mm.; arena gruesa los de dimensiones variables entre 0.5 y 1 mm.; media, granos de 0.25 á 0.5 mm.; arena fina los granos de 0.125 á 0.25 mm.; y muy fina granos cuyas dimensiones eran menores que las aberturas del tamiz de 0.125 mm.

Hemos separado estos diversos granos, en cantidades relativamente grandes de arena, variando entre 100 y 200 gramos para obtener el porcentaje de su grosor en un tipo medio.

En un cuadro que adjuntamos se podrá comparar más fácilmente esto; las cifras colocadas en los lugares que le corresponde á cada arena, indican los porcentajes mayores de sus granos.

ESPESOR DE LOS GRANOS DE ARENA

NÚMEROS	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	XXI
Gravas finas.... %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arena gruesa .... »	-	-	-	28	27	22	-	-	28	-	10	44	48	-	24	-	-	-	-	-	-
Arena media .... »	78	84	68	65	69	73	17	72	62	85	81	49	48	24	58	-	28	44	74	78	69
Arena fina..... »	26	12	28	-	-	-	78	24	-	61	-	-	-	65	-	91	68	54	16	15	25
Arena muy fina.. »	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-

Comparando los análisis mecánicos de las arenas que presentamos, se observa que el grano que predomina es el llamado *medio*, tanto en las puras extranjeras Nos. I, II, III, como en muchas argentinas, Nos. IV, V, VI, IX, XI, XIX, XX; siendo de importancia como dijimos para facilitar la fusión.

En otras, como las del Río de la Plata (Nº. XVI), Montevideo (Nº. XIV) y Saladillo (Nº. XVIII), domina el grano fino, pareciendo por esto más aptas que las anteriores; sin embargo, su análisis químico nos demostrará que son inferiores. En cambio las de Escobar (Nº. XVII) y Paraná á la altura del Rosario (Nº. VII), que también tienen mayor proporción de granos finos son preferidas, pues su análisis químico demuestra que son menos impuras.

**Análisis químico.**—En el estudio químico de las arenas, hemos seguido los métodos y procedimientos generales admitidos por diversos autores para los silicatos (1).

Una disgregación con carbonato de sodio y de potasio para el dosaje de la  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaO}$  y  $\text{MgO}$ , y otra con ácido fluorhídrico para determinar el  $\text{Na}_2\text{O}$  y  $\text{K}_2\text{O}$ , que dosamos en conjunto. Como son métodos muy conocidos no entraremos en su estudio, solo detallaremos algunas operaciones efectuadas para el dosaje de estos elementos cuando se hallan en cantidad, y además los métodos seguidos para los que existían en proporciones reducidas.

*Ataque con HCl.*—En las arenas ferruginosas, cuya proporción de sustancias extrañas es grande, no operábamos por disgregación directa, previa desecación, debido á los

---

(1) F. P. Treadwel.—Trattato di Chimica Analitica.—Tomo II, pág. 375—IVª Edición Italiana.

Fresenius.—An. Ch. Quantitative.—Tomo II, pág. 178.—1909.

errores que origina tener que trabajar con cantidades reducidas, haciéndose además la fusión más difícil.

Utilizábamos mayor cantidad de arena, que sometíamos previamente á un ataque con HCl diluido en su volumen de agua, calentado al baño maría. De este modo una buena parte del  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$  y  $\text{MgO}$  se disolvía y los dosábamos luego en la solución por los métodos comunes. El residuo secado era disgregado por los carbonatos alcalinos, como en las arenas puras y relacionamos luego todo lo dosado á la cantidad pesada primitivamente.

*Determinación del  $\text{TiO}_2$  y  $\text{Mn}_3\text{O}_4$ .*—Para dosar el  $\text{TiO}_2$  y el  $\text{Mn}_3\text{O}_4$ , que siempre existen en pequeñas cantidades en las arenas, no hemos seguido los métodos usuales. Por la cantidad exigua de  $\text{TiO}_2$  que existía en la porción que operábamos, no hubiéramos obtenido resultados comparables, aplicando el método de precipitación por larga ebullición en solución sulfúrica; hemos empleado en cambio el método colorimétrico de Weller (1) con resultados muy buenos, permitiendo dosar aún diez miligramos de aquel elemento con bastante exactitud.

Pasaremos á indicar cómo se ha procedido:

Del líquido obtenido en la disgregación con carbonatos alcalinos se tomaba generalmente la mitad y precipitaba  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{TiO}_2$  con solución al 10 % de  $\text{KOH}$  á ebullición. El filtrado, lavado y secado, era calcinado con bisulfato de potasio hasta disolución completa, de este modo el titano se transformaba en  $\text{Ti}(\text{SO}_4)_2$ . Enfriada la cápsula de platino disolvíamos la substancia en agua.

La sílice que siempre retenía pequeñas cantidades de titano, una vez pesada la disgregábamos con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y  $\text{HF}$ , cuidando

---

(1) Fresenius.—Obra citada, pág. 280.—Tomo II.

que todo el HF1 se volatilizase; el residuo que quedaba, una vez pesado era disgregado de igual modo con bisulfato de potasio y la solución obtenida, se agregaba á la anterior.

Esta solución que además de titano, contenía fierro y aluminio, era casi neutralizada con  $\text{NH}_3$ , agregándole luego  $\text{H}_2\text{SO}_4$  hasta contener de 5 á 6 %; neutralizábamos la coloración amarilla del fierro disolviéndolo con ácido fosfórico y llevábamos á 50  $\text{cm}^3$  en tubo de Nessler. Por agregación de 2  $\text{cm}^3$  de agua oxigenada, se obtenía una coloración amarilla más ó menos intensa según sus cantidades.

Una escala en proporciones crecientes efectuada en tubos iguales con una solución sulfúrica al 5 % de  $\text{Ti}(\text{SO}_4)_2$ , cuyo título era, 1  $\text{cm}^3 = 0.002$  de  $\text{TiO}_2$ , nos permitía llegar á la cantidad de  $\text{TiO}_2$  existente en la solución.

El manganeso se ha dosado también por colorimetría (1), operando directamente sobre la arena. Atacábamos á aquella previamente calcinada, con  $\text{HNO}_3$  concentrado á ebullición, durante mucho tiempo; el líquido recogido que contenía el manganeso lo hacíamos hervir con 0.5 gr. de bióxido de plomo, y llevábamos con agua de lavaje á 100  $\text{cm}^3$ , agitando muchas veces.

Dejando depositar después de 24 horas se tomaba 50  $\text{cm}^3$  de solución límpida, comparando su coloración con proporciones diferentes llevadas á igual volumen de una solución de  $\text{KMnO}_4$  cuyo tipo era 1  $\text{cm}^3 = 0.00005$  mg de Mn.

*Solución acuosa.*— Como en algunas arenas comprobamos la presencia de pequeñas cantidades de cloruros y nitratos, dosamos estos elementos sometiénolas á la ebullición prolongada con agua, operando con cantidades variables, entre 10

---

(1) Treadwel.—Obra citada.—Tomo II, pág. 104.

y 15 gr.; determinando los primeros por volumetría con  $\text{AgNO}_3$  y los segundos por el método de Grandval y Lajoux.

Doy á continuación los resultados de los análisis practicados, disponiéndolos en orden: primero las extranjeras muy puras, á continuación las del río Paraná, y Río Uruguay á diversas alturas de su curso, y por último las ferruginosas de distintas procedencias, para ser más fácil la comparación (1).

---

(1) Tengo aquí que agradecer á los Sres. Rigolleau, Papini Hnos. L. Macera y Cia., á mis amigos Dr. V. Bernaola, señores M. E. Vasalli y A. Nin, así como á todas aquellas personas que me han facilitado las distintas muestras que motivan este estudio.

ARENA FONTAINEBLEAU N.º I		ARENA CAMPINES N.º II	
Densidad á 15° C.	2.6536	Densidad á 15° C.	2.6356
ANÁLISIS MECÁNICO		ANÁLISIS MECÁNICO	
Gravas finas.... %	0	Gravas finas.... %	0.07
Arena gruesa... »	0.06	Arena gruesa... »	3.52
» media.... »	73.65	» media.... »	84.12
» fina..... »	26.03	» fina..... »	12.20
» muy fina. »	0.26	» muy fina. »	0.09
	<hr/> 100.00		<hr/> 100.00
ANÁLISIS QUÍMICO		ANÁLISIS QUÍMICO	
Pérdida al rojo.. %	0.51	Pérdida al rojo.. %	0.42
SiO <sub>2</sub> ..... »	98.95	SiO <sub>2</sub> ..... »	97.54
SO <sub>3</sub> ..... »	0	SO <sub>3</sub> ..... »	0
Cl..... »	0	Cl..... »	0
N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ..... »	0	N <sub>2</sub> O <sub>6</sub> ..... »	0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... »	0.11	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... »	0.19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... »	0.23	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... »	1.32
TiO <sub>2</sub> ..... »	0	TiO <sub>2</sub> ..... »	0
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ..... »	0	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ..... »	0
CaO..... »	0.18	CaO..... »	0.30
MgO..... »	V	MgO..... »	0.14
Na <sub>2</sub> O } .....	V	Na <sub>2</sub> O } .....	V
K <sub>2</sub> O } .....	V	K <sub>2</sub> O } .....	V
	<hr/> 99.98		<hr/> 99.91



ARENA BELGA N.º III		ARENA DE CORRIENTES (Río Paraná) N.º IV	
Densidad á 15° C.	2.6386	Densidad á 15° C.	2.6168
ANÁLISIS MECÁNICO		ANÁLISIS MECÁNICO	
Gravas finas... %	0.04	Gravas finas.... %	4.90
Arena gruesa.... »	1.47	Arena gruesa.... »	23.40
» media.... »	68.93	» media.... »	65.23
» fina..... »	28.89	» fina..... »	6.00
» muy fina.. »	0.67	» muy fina.. »	0.47
	<hr/> 100.00		<hr/> 100.00
ANÁLISIS QUÍMICO		ANÁLISIS QUÍMICO	
Pérdida al rojo.. %	1.25	Pérdida al rojo.. %	0.28
SiO <sub>2</sub> ..... »	96.41	SiO <sub>2</sub> ..... »	94.94
SO <sub>3</sub> ..... »	0	SO <sub>3</sub> ..... »	V
Cl..... »	0	Cl..... »	0
N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ..... »	0	N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ..... »	0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... »	0.19	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... »	0.77
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... »	1.86	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... »	1.73
TiO <sub>2</sub> ..... »	0	TiO <sub>2</sub> ..... »	0.19
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ..... »	0	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ..... »	0.003
CaO..... »	0.14	CaO..... »	1.11
MgO..... »	0.03	MgO..... »	0.15
Na <sub>2</sub> O } en Na <sub>2</sub> O... »	V	Na <sub>2</sub> O } en Na <sub>2</sub> O... »	0.80
K <sub>2</sub> O }		K <sub>2</sub> O }	
	<hr/> 99.88		<hr/> 99.973

ARENA DE PARANÁ (Bajada Grande) N.º V	ARENA DE DIAMANTE (Río Paraná) N.º VI
Densidad á 15° C.      2.6339	Densidad á 15° C.      2.6145
ANÁLISIS MECÁNICO	ANÁLISIS MECÁNICO
Gravas finas.... %    0.64	Gravas finas.... %    0.63
Arena gruesa.... »    27.33	Arena gruesa... »    22.58
» media.... »    69.08	» media.... »    73.40
» fina..... »    2.67	» fina..... »    1.86
» muy fina. »    0.28	» muy fina. »    1.53
<hr/> 100.00	<hr/> 100.00
ANÁLISIS QUÍMICO	ANÁLISIS QUÍMICO
Pérdida al rojo.. %    0.21	Pérdida al rojo.. %    0.75
SiO <sub>2</sub> ..... »    95.26	SiO <sub>2</sub> ..... »    95.16
SO <sub>3</sub> ..... »    0	SO <sub>3</sub> ..... »    V
Cl..... »    0	Cl..... »    0
N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ..... »    0	N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ..... »    V
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... »    0.71	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... »    0.28
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... »    1.77	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... »    1.20
TiO <sub>2</sub> ..... »    0.16	TiO <sub>2</sub> ..... »    0.12
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ..... »    0.002	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ..... »    0.005
CaO..... »    1.03	CaO..... »    0.99
MgO..... »    0.12	MgO..... »    0.17
Na <sub>2</sub> O } en Na <sub>2</sub> O. »    0.62	Na <sub>2</sub> O } en Na <sub>2</sub> O. »    1.34
K <sub>2</sub> O } en Na <sub>2</sub> O. »    0.62	K <sub>2</sub> O } en Na <sub>2</sub> O. »    1.34
<hr/> 99.882	<hr/> 100.015

ARENA DEL ROSARIO (Río Paraná) N.º VII		ARENA DEL RÍO PARANÁ GUAZÚ (Desembocadura) N.º VIII	
Densidad á 15° C.	2.6584	Densidad á 15° C.	2.6407
ANÁLISIS MECÁNICO		ANÁLISIS MECÁNICO	
Gravas finas.... %	0.76	Gravas finas.... %	0.23
Arena gruesa.... »	2.86	Arena gruesa.... »	0.95
» media.... »	17.65	» media.... »	72.13
» fina.... »	73.12	» fina.... »	24.26
» muy fina.. »	5.61	» muy fina.. »	2.43
	100.00		100.00
ANÁLISIS QUÍMICO		ANÁLISIS QUÍMICO	
Pérdida al rojo.. %	0.38	Pérdida al rojo.. %	1.13
SiO <sub>2</sub> ..... »	94.04	SiO <sub>2</sub> ..... »	90.72
SO <sub>3</sub> ..... »	0	SO <sub>3</sub> ..... »	0
Cl..... »	V	Cl..... »	V
N <sub>2</sub> O <sub>6</sub> ..... »	0	N <sub>2</sub> O <sub>6</sub> ..... »	0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... »	2.03	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... »	3.74
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... »	1.17	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... »	1.50
TiO <sub>2</sub> ..... »	0.56	TiO <sub>2</sub> ..... »	0.53
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ..... »	0.004	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ..... »	0.005
CaO..... »	0.89	CaO..... »	0.79
MgO..... »	0.28	MgO..... »	0.31
Na <sub>2</sub> O } en Na <sub>2</sub> O.. »	0.65	Na <sub>2</sub> O } en Na <sub>2</sub> O.. »	1.26
K <sub>2</sub> O }			
	100.004		99.985

ARENA DE CONCORDIA (Río Uruguay) N.º IX		ARENA DE CONCEPCIÓN DEL URUGUAY (Río Uruguay) N.º X	
Densidad á 15° C.	2.5957	Densidad á 15°C.	2.6341
ANÁLISIS MECÁNICO		ANÁLISIS MECÁNICO	
Gravas finas.... %	6.18	Gravas finas.... %	0.16
Arena gruesa.... »	23.42	Arena gruesa.... »	0.06
» media.... »	62.35	» media.... »	35.17
» fina..... »	7.77	» fina..... »	61.50
» muy fina.. »	0.28	» muy fina.. »	3.11
	<hr/> 100.00		<hr/> 100.00
ANÁLISIS QUÍMICO		ANÁLISIS QUÍMICO	
Pérdida al rojo.. %	0.21	Pérdida al rojo.. %	0.83
SiO <sub>2</sub> ..... »	95.68	SiO <sub>2</sub> ..... »	92.41
SO <sub>3</sub> ..... »	0	SO <sub>3</sub> ..... »	0
Cl..... »	0	Cl..... »	0
N <sub>2</sub> O <sub>6</sub> ..... »	0	N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ..... »	0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... »	0.55	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... »	2.35
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... »	1.77	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... »	1.50
Ti O <sub>2</sub> ..... »	0.20	Ti O <sub>2</sub> ..... »	1.51
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ..... »	0.003	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ..... »	0.009
CaO..... »	0.70	CaO..... »	0.32
MgO..... »	0.32	MgO..... »	0.22
Na <sub>2</sub> O } en Na <sub>2</sub> O... »	0.53	Na <sub>2</sub> O } en Na <sub>2</sub> O... »	0.79
K <sub>2</sub> O }		K <sub>2</sub> O }	
	<hr/> 99.965		<hr/> 100.029

ARENA DEL ARROYO MOLINO (Afluente del Río Uruguay) E. Ríos N.º XI		ARENA DEL ARROYO «LA CHI- NA» (Afluente del Río Uruguay) E. Ríos N.º XII	
Densidad á 15° C.	2.6086	Densidad á 15° C.	2.6178
ANÁLISIS MECÁNICO		ANÁLISIS MECÁNICO	
Gravas finas . . . . %	0.97	Gravas finas . . . . %	1.05
Arena gruesa . . . »	10.25	Arena gruesa . . . »	44.41
» media . . . . »	81.87	» media . . . . »	49.78
» fina . . . . . »	5.17	» fina . . . . . »	4.33
» muy fina. »	1.74	» muy fina. »	0.43
	<hr/> 100.00		<hr/> 100.00
ANÁLISIS QUÍMICO		ANÁLISIS QUÍMICO	
Pérdida al rojo . . %	0.27	Pérdida al rojo . . %	0.28
SiO <sub>2</sub> . . . . . »	96.50	SiO <sub>2</sub> . . . . . »	95.37
SO <sub>3</sub> . . . . . »	0	SO <sub>3</sub> . . . . . »	0
Cl . . . . . »	0	Cl . . . . . »	0
N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . . »	0	N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . . »	0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . »	0.43	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . »	0.96
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . »	1.25	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . »	1.68
TiO <sub>2</sub> . . . . . »	0.16	TiO <sub>2</sub> . . . . . »	0.38
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> . . . . . »	V	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> . . . . . »	0.003
CaO . . . . . »	0.86	CaO . . . . . »	0.54
MgO . . . . . »	0.28	MgO . . . . . »	0.30
Na <sub>2</sub> O } en Na <sub>2</sub> O . »	0.23	Na <sub>2</sub> O } en Na <sub>2</sub> O . »	0.46
K <sub>2</sub> O }		K <sub>2</sub> O }	
	<hr/> 99.98		<hr/> 99.973

ARENA DEL ARROYO SAN MIGUEL (Afluente del Río Uruguay) E. Ríos N.º XIII		ARENA DE MONTEVIDEO (Sin lavar) N.º XIV	
Densidad á 15° C.	2.6514	Densidad á 15° C.	2.7024
ANÁLISIS MECÁNICO		ANÁLISIS MECÁNICO	
Gravas finas.... %	10.89	Gravas finas.... %	0.06
Arena gruesa... »	43.90	Arena gruesa... »	0.29
» media... »	43.97	» media... »	24.72
» fina..... »	1.12	» fina..... »	65.83
» muy fina. »	0.12	» muy fina. »	9.10
	<hr/> 100.00		<hr/> 100.00
ANÁLISIS QUÍMICO		ANÁLISIS QUÍMICO	
Pérdida al rojo.. %	0.28	Pérdida al rojo.. %	0.13
SiO <sub>2</sub> ..... »	95.43	SiO <sub>2</sub> ..... »	83.29
SO <sub>3</sub> ..... »	0	SO <sub>3</sub> ..... »	0
Cl..... »	0	Cl..... »	0.012
N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ..... »	0	N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ..... »	0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... »	1.05	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... »	2.37
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... »	1.15	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... »	8.77
TiO <sub>2</sub> ..... »	0.30	TiO <sub>2</sub> ..... »	1.25
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ..... »	0.004	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ..... »	0.004
CaO..... »	0.92	CaO..... »	2.37
MgO..... »	0.27	MgO..... »	0.94
Na <sub>2</sub> O } K <sub>2</sub> O } en Na <sub>2</sub> O... »	0.62	Na <sub>2</sub> O } K <sub>2</sub> O } en Na <sub>2</sub> O... »	0.85
	<hr/> 100.024		<hr/> 99.986

ARENA DE MONTEVIDEO (Lavada) N.º XV		ARENA DEL RÍO DE LA PLATA N.º XVI	
Densidad á 15° C.	2.6141	Densidad á 15°C.	2.6024
ANÁLISIS MECÁNICO		ANÁLISIS MECÁNICO	
Gravas finas..... %	2.79	Gravas finas..... %	0.54
Arena gruesa..... »	24.00	Arena gruesa..... »	0.41
» media..... »	58.89	» media..... »	1.13
» fina..... »	12.69	» fina..... »	91.11
» muy fina. »	1.63	» muy fina... »	6.81
	<hr/> 100.00		<hr/> 100.00
ANÁLISIS QUÍMICO		ANÁLISIS QUÍMICO	
Pérdida al rojo... %	0.72	Pérdida al rojo... %	3.46
SiO <sub>2</sub> ..... »	95.02	SiO <sub>2</sub> ..... »	73.00
SO <sub>3</sub> ..... »	0.	SO <sub>3</sub> ..... »	V.
Cl..... »	V.	Cl..... »	0.007
N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ..... »	0.	N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ..... »	0.05
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... »	0.97	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... »	4.63
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... »	1.96	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... »	12.41
TiO <sub>2</sub> ..... »	0.39	TiO <sub>2</sub> ..... »	0.37
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ..... »	0.004	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ..... »	0.05
CaO..... »	0.36	CaO..... »	3.11
MgO..... »	0.30	MgO..... »	1.25
Na <sub>2</sub> O } K <sub>2</sub> O } en Na <sub>2</sub> O.. »	0.28	Na <sub>2</sub> O } K <sub>2</sub> O } Na <sub>2</sub> O..... »	1.63
	<hr/> 100.004		<hr/> 99.967

ARENA DE ESCOBAR (Provincia de Santa Fe) N.º XVII		ARENA DEL SALADILLO (Provincia de Bs. Aires) N.º XVIII	
Densidad á 15°C.	2.6666	Densidad á 15°C.	2.6040
ANÁLISIS MECÁNICO		ANÁLISIS MECÁNICO	
Gravas finas.... %	1.03	Gravas finas.... %	0
Arena gruesa.... »	3.15	Arena gruesa.... »	0
» media .... »	23.84	» media ... »	44.81
» fina ..... »	68.11	» fina ..... »	54.75
» muy fina.. »	3.87	» muy fina. »	0.44
	<hr/> 100.00		<hr/> 100.00
ANÁLISIS QUÍMICO		ANÁLISIS QUÍMICO	
Pérdida al rojo.. %	0.26	Pérdida al rojo.. %	0.56
SiO <sub>2</sub> ..... »	94.11	SiO <sub>2</sub> ..... »	74.11
SO <sub>3</sub> ..... »	0	SO <sub>3</sub> ..... »	V
Cl..... »	0	Cl..... »	0
N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ..... »	V	N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ..... »	0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... »	2.57	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... »	4.50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... »	2.11	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... »	14.85
Ti O <sub>2</sub> ..... »	V	Ti O <sub>2</sub> ..... »	0.28
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ..... »	0.002	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ..... »	0.008
CaO..... »	0.63	CaO..... »	3.28
MgO..... »	0.09	MgO..... »	0.60
Na <sub>2</sub> O } en Na <sub>2</sub> O. »	0.24	Na <sub>2</sub> O } en Na <sub>2</sub> O. »	1.90
K <sub>2</sub> O }		K <sub>2</sub> O }	
	<hr/> 100.012		<hr/> 100.088



ARENA DE LOS MÉDANOS (Concepción del Uruguay) E. Ríos N.° XIX		ARENA DE LOS MÉDANOS (Colón E. Ríos, N.° XX)	
Densidad á 15° C.	2.6535	Densidad á 15° C.	2.5873
ANÁLISIS MECÁNICO		ANÁLISIS MECÁNICO	
Gravas finas.... %	1.08	Gravas finas ... %	0.76
Arena gruesa.... »	7.96	Arena gruesa.... »	9.64
» media.... »	74.58	» media.... »	73.12
» fina..... »	16.14	» fina..... »	15.75
» muy fina.. »	0.24	» muy fina... »	0.73
	100.00		100.00
ANÁLISIS QUÍMICO		ANÁLISIS QUÍMICO	
Pérdida al rojo.. %	0.85	Pérdida al rojo.. %	1.34
SiO <sub>2</sub> ..... »	92.37	SiO <sub>2</sub> ..... »	90.54
SO <sub>3</sub> ..... »	V	SO <sub>3</sub> ..... »	0
Cl..... »	0	Cl..... »	0
N <sub>2</sub> O <sub>6</sub> ..... »	0	N <sub>2</sub> O <sub>6</sub> ..... »	0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... »	3.19	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... »	4.30
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... »	1.32	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... »	1.31
TiO <sub>2</sub> ..... »	0.66	TiO <sub>2</sub> ..... »	0.87
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ..... »	0.016	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ..... »	0.01
CaO..... »	0.17	CaO..... »	0.20
MgO.. »	0.12	MgO..... »	0.22
Na <sub>2</sub> O } en Na <sub>2</sub> O. »	1.19	Na <sub>2</sub> O } en Na <sub>2</sub> O. »	1.18
K <sub>2</sub> O }		K <sub>2</sub> O }	
	99.886		99.97

ARENA DE MAR DEL PLATA N.º XXI	
Densidad á 15° C.....	2.7604
ANÁLISIS MECÁNICO	
Gravas finas.....	% 0.03
Arena gruesa.....	» 3.30
» media.....	» 69.78
» fina.....	» 25.98
» muy fina.....	» 0.91
	100.00
ANÁLISIS QUÍMICO	
Pérdida al rojo.....	% 3.12
SiO <sub>2</sub> .....	» 61.58
SO <sub>3</sub> .....	» V
Cl.....	» 0.011
N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	» V
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	» 13.93
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	» 7.87
TiO <sub>2</sub> .....	» 1.09
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> .....	» 0.011
CaO.....	» 7.97
MgO.....	» 1.85
Na <sub>2</sub> O } K <sub>2</sub> O } en Na <sub>2</sub> O.....	» 2.75
	100.181

Conocida la composición química de todas estas arenas, comparemos las argentinas con los tres productos puros, con que encabezamos este estudio.

Con el objeto de facilitar la comparación, pondremos las cifras de los elementos de mayor importancia en un cuadro, permitiéndonos así apreciar más fácilmente sus analogías ó diferencias.

ARENAS

Números	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	XXI
Si O <sub>2</sub> .....	92.95	97.54	96.41	91.94	95.26	95.16	94.04	90.72	95.68	92.41	96.50	95.87	95.43	83.29	95.02	73.00	94.11	74.11	92.37	90.54	61.58
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ....	0.11	0.19	0.19	0.77	0.71	0.28	2.0	3.74	0.55	2.55	0.43	0.96	1.05	2.87	0.97	4.63	2.57	4.50	8.19	4.80	13.93
Ti O <sub>2</sub> .....	0	0	0	0.19	0.16	0.12	0.56	0.58	0.20	1.51	0.16	0.93	0.80	1.25	0.89	0.87	V	0.28	0.66	0.87	1.09
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ....	0.23	1.82	1.86	1.73	1.77	1.20	1.17	1.50	1.77	1.59	1.25	1.63	1.15	8.77	1.96	12.41	2.11	14.85	1.82	1.81	7.87
Ca O.....	0.18	0.80	0.14	1.11	1.03	0.99	3.89	0.79	0.70	0.32	0.86	0.54	0.92	2.37	0.86	3.11	0.63	8.28	0.17	0.20	7.97
Mg O.....	V	0.14	0.03	0.15	0.12	0.17	0.28	0.81	0.32	0.22	0.28	0.30	0.27	0.94	0.30	1.25	0.09	0.60	0.12	0.22	1.85
Na <sub>2</sub> O	V	V	V	0.80	0.62	1.34	0.65	1.26	0.53	0.79	0.23	0.46	0.62	0.85	0.28	1.63	0.24	1.90	1.19	1.18	2.75
K <sub>2</sub> O																					

(1) V. Significa: vestigios.—0 No encontrado.

Observamos que la más rica en  $\text{SiO}_2$  es la I de Fontainebleau, siguiéndole la de Campines y la Belga. Entre las argentinas las más puras varían entre 94.94 y 96.50 % de  $\text{SiO}_2$ , pudiendo reemplazar á aquéllas.

Pero veamos ahora las impurezas y sobre todo los óxidos colorantes  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_4$  y  $\text{TiO}_2$ , contenidos. Ninguna contiene  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , en las proporciones reducidas de las tres extranjeras, que oscilan entre 0.11 y 0.19 %; entre las nuestras las que tienen menos de este colorante son las N.º IV, V, VI, IX y XI, pero siempre en cantidad suficiente para colorear la masa del vidrio.

El  $\text{Mn}_2\text{O}_4$  no lo comparamos, porque si bien es cierto que en los productos puros no existe y en las nuestras siempre se encuentra en pequeña cantidad, su proporción es tan baja que se puede despreciar su acción.

El otro óxido considerado, el  $\text{TiO}_2$ , tiene mucha importancia: en las extranjeras no existe, mientras que en las nuestras su presencia es general. Se observa que las menos ricas en  $\text{SiO}_2$  son las que contienen más cantidad de  $\text{TiO}_2$ , pero aún en las más puras siempre su proporción es apreciable.

La presencia de este óxido en las arenas, no produce coloración en los vidrios sino por el contrario, actúa como el  $\text{Mn}_2\text{O}_4$ , descolorando el color verde producido por el hierro. En efecto, en Baviera se utiliza para fabricar vidrios transparentes é incoloros, un cuarzo rojo - rosado de Rabenstein y los fabricantes afirman (1) que con ninguna otra especie de cuarzo, ni aún con el cristal de roca más puro, pueden preparar un vidrio tan incoloro. Estudiada la composición de este cuarzo por Fuchs, encontró de 1 á 1.5 % de  $\text{TiO}_2$ , que es el

---

(1) Wagner y Gautier.—Química Industrial.—Tomo I, pág. 649.—1878.

que actúa como el bióxido de manganeso dando lugar á colores complementarios.

De modo que se debe considerar muy neutralizada la acción colorante del hierro, en algunas de estas arenas, por la presencia del  $TiO_2$  que contienen. Sobre todo para las muestras N.º XI, IX y VI, puede admitirse que la coloración que darían al vidrio será semejante á la que produce, las arenas Campines y Belga, pues si bien existen 0.43, 0.55 y 0.28 % de  $Fe_2O_3$ , respectivamente, cifras mayores que 0.19 % que contienen aquellas; por el hecho de existir gr. 0.16, gr. 0.20 y gr. 0.12 % de  $TiO_2$ , respectivamente, se puede considerar neutralizada una gran parte del color verdoso del hierro.

Por las otras materias contenidas en las arenas, las argentinas se encuentran en mejores condiciones que las extranjeras usadas.

En efecto, sobre las cinco arenas ya enumeradas que consideramos mas puras, la proporción de  $Al_2O_3$  y  $MgO$  es muy semejante á la de las tres primeras; por lo demás este contenido en alúmina no es nocivo, é impide, según Weber y Schott, que se devitrifique el vidrio durante la fusión ó cuando se trabaja sobre él, al soplete.

La cal contenida en las nuestras es siempre mayor que en las extranjeras, pero como sabemos que en la composición del vidrio entra este elemento en buena cantidad para constituir la base, que unida al sodio ó potasio forman los silicatos dobles, su proporción no es nociva. Al contrario sabiendo su porcentaje, disminuye la cantidad de cálcico á agregar, siendo esto una economía para el fabricante.

Los metales alcalinos que en las primeras solo existen en mínima proporción, en las nuestras están en cantidad pequeña, no perjudiciales; facilitando así la fusión de la  $SiO_2$ .

Unidos estos datos químicos con el análisis mecánico, donde se nota que el grano más abundante es el *medio*, se puede llegar á afirmar que estas cinco arenas de Concordia, Arroyo Molino, Diamante, Paraná (Bajada Grande) y la de Corrientes, pueden emplearse con provecho en cambio de la de Campines y Belga, para la obtención de vidrio incoloro.

Las arenas que le siguen en pureza por su menor cantidad de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , son la XII, XIII, XV, VII y aún la X por contener mucho  $\text{TiO}_2$ ; todas arenas de río. Estas sometidas á un lavaje con agua, y á continuación otro con HCl diluído, en caliente, aprovechando el producido por los hornos y disponiéndolo convenientemente, podrían también emplearse, aunque para fabricar productos menos puros.

Tal método de depuración que parecería muy caro es empleado con provecho en fábricas europeas y americanas cuando éstas se encuentran alejadas de los lugares donde existen arenas puras.

Las restantes, siendo igualmente cuarzosas, son muy impuras y contienen una proporción alta de óxido de hierro, imposible de separar totalmente, necesitándose una gran cantidad de ácido clorhídrico para su eliminación parcial.

**Examen microscópico.**—Con el fin de completar el estudio químico de las arenas, hemos efectuado el examen microscópico, que nos lleva á comprobar la existencia de los diversos elementos encontrados en aquél, y dar una idea de su pureza.

Permite además conocer la forma de los granos, su uniformidad en tamaño y color, su transparencia y las diversas materias extrañas que siempre les acompaña; tiene pues una grande importancia para el conocimiento de una arena.

Nos limitaremos solamente á describir lo que de cada arena se ha observado al microscopio, con un aumento de 62 diámetros. Las preparaciones han sido hechas con bálsamo de Canadá, por haber notado que la forma del grano se destacaba mejor, que por simple observación directa.

I. *Arena l'ontainebleau*.—Cuarzosa, de grano blanco puro, algunos ligeramente amarillos por el  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  incrustado, no existe feldespato, ni fierro-titanífero negro, ni mica.

Granos bastante grandes y de tamaño uniforme, más ó menos redondeados, sin ángulos, y gruesos con inclusiones pequeñas, algunos rayados negruzcos.

II. *Arena Campines*.—Cuarzosa, de granos blancos, muchos amarillentos por el  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  incrustado (más que en la I.<sup>a</sup>), existen contados granos de feldespato, algunos de mica, no hay fierro titanífero.

Granos desiguales, muchos grandes, redondeados, gruesos, algunos angulosos, triangulares y chatos; otros con inclusiones pequeñas y rayados.

III. *Arena Belga*.—Cuarzosa, de granos de cuarzo muy puros y transparentes, otros ligeramente amarillentos por el  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  incrustado, pocos de feldespato, existen algunos de mica, pero no contiene fierro magnético, ni fierro titanífero negro.

Granos angulosos ó ligeramente redondeados y más ó menos uniformes en sus diámetros, algunos con inclusiones y rayados, abundando los puros.

IV. *Arena de Corrientes* (Río Paraná).—Cuarzoza, de granos bastante grandes, amarillo-rojizos por el fierro incrustado, granos de feldespato entremezclados, pequeños de fierro titanífero, muy pocos de glauconita verdes, y de mica.

Granos grandes, redondeados, algunos angulosos, gruesos, con inclusiones y veteados.



V. *Arena de Paraná* (Bajada Grande).—Cuarzosa, de granos blancos, algunos amarillo-rojizos por el fierro incrustado, escasos cristales de mica y de fierro titanífero, muy pocos de feldespato.

Granos grandes, redondeados, alargados y gruesos con incrustaciones.

VI. *Arena de Diamante* (Río Paraná).—Cuarzosa, de granos bastante blancos, algunos muy pequeños alternando con otros grandes y coloreados de amarillo-rojizo por el  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; pocos verdes de glauconita, algunos de feldespato, de fierro titanífero atraibles por el imán y pocos de mica y calcáreos.

Los granos pequeños que constituyen la mayoría, son angulosos y algunos fuertemente coloreados de rojo por el fierro. Los grandes tienen inclusiones, siendo redondeados y gruesos, algunos veteados.

VII. *Arena de Rosario* (Río Paraná).—Cuarzosa, con granos rojizos por el  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  incrustado, muchos de feldespato, alternando con el cuarzo, granos pequeños de fierro magnético y titanífero, negros, algunos de mica refringentes.

Grano muy diverso, angulosos y alargados, alternando con grandes y redondeados, generalmente incrustados y rayados.

VIII. *Arena Paraná Guazú* (Desembocadura).—Cuarzosa, de grano muy diverso, pocos de cuarzo puro blanco, abundantes coloreados de amarillo-rojizo por el  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  fijado, algunos de feldespato, granos negruzcos de fierro titanífero y de glauconita verdes.

Granos pequeños redondeados y angulosos, alternando con granos gruesos y redondeados, rayados é incrustados.

IX. *Arena de Concordia* (Río Uruguay).—Cuarzosa, de granos grandes transparentes de cuarzo puro, alternando con otros pequeños con incrustaciones de fierro, pocos de

feldespato y mica, algunos de fierro magnético y fierro titanífero.

Granos gruesos, alargados y angulosos, otros pequeños incrustados y punteados.

X. *Arena de Concepción del Uruguay* (Río Uruguay).—Cuarzosa, con granos rojizo-parduzcos por el  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  incrustado, muchos pequeños y negros de fierro titanífero atraibles por el imán, pocos de feldespato, raros de mica, pocos de glauconia y calcáreos.

Granos pequeños angulosos ó ligeramente redondeados, con inclusiones é incrustaciones; algunos alargados de tamaño más ó menos uniforme.

XI. *Arena del Arroyo Molino* (Afluente del Río Uruguay).—Cuarzosa, de granos grandes blancos, alternando con otros amarillo rojizos por el fierro incrustado, pocos de feldespato, algunos de mica y de fierro titanífero.

Granos gruesos redondeados y grandes, algunos alargados y rayados.

XII. *Arena del Arroyo La China* (Afluente del Río Uruguay).—Cuarzosa, de granos grandes blancos ó ligeramente rojizos por el  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  incrustado, pequeños de fierro titanífero, algunos de feldespato obscuro, calcáreos y de mica.

Granos grandes redondeados, gruesos, con ciertas inclusiones, rayados é incrustados.

XIII. *Arena del Arroyo «San Miguel»*—(Afluente del Río Uruguay).—Cuarzosa, de granos generalmente amarillo-rojizos por el  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , negros de fierro titanífero, algunos de feldespato obscuro, inclusiones de glauconita, algunos de mica refringentes y brillantes.

Granos redondeados, alternando con otros angulosos y con inclusiones; algunos muy gruesos y grandes.

XIV. *Arena de Montevideo* (Sin lavar)—Cuarzosa, granos

de cuarzo hialino muy pequeños, muchos glauconíticos verdes y de hierro titanífero, granos de cuarzo amarillo-rojizos por el  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  incrustado, pocos de feldespato, bastantes láminas de regulares dimensiones de mica y algunos de calcáreos.

Granos generalmente pequeños y angulosos, con incrustaciones y rayados; pocos con inclusiones.

XV. *Arena de Montevideo* (Lavada)—Cuarzosa, de granos grandes y redondeados, algunos blancos, la mayoría amarillo-rojizos por el  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  incrustado é incluido. Algunos granos de feldespato y mica y muchos pequeños de hierro titanífero negros.

Granos redondeados y alargados, algunos muy gruesos, rayados é incrustados.

XVI. *Arena del Río de la Plata*.—Ferruginosa, con granos de cuarzo amarillo-rojizos por el hierro incrustado, granos de feldespato y de hierro titanífero negros, muchos verdosos de glauconita, y algunos de mica.

Gran diversidad de tamaño, granos muy rayados y con inclusiones, predomina la forma triangular y rectangular, algunos con ángulos redondeados y muchos chatos.

XVII. *Arena de Escobar* (Prov. de Santa Fe).—Cuarzosa, algunos granos blancos, la mayoría amarillo-rojizos por el  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  incrustado, granos de feldespato oscuros, algunos de mica y muy pocos de hierro titanífero.

Granos pequeños alargados y angulosos, con rayas é incrustaciones, alternando con granos gruesos y redondeados, teniendo algunos, inclusiones de pequeños cristales exagonales de cuarzo puro.

XVIII. *Arena del Saladillo*. (Prov. de Buenos Aires).—Ferruginosa, de granos relativamente grandes, coloreados de rojo-parduzco por el hierro incrustado y algo de manganeso.

Granos negros, grandes de fierro titanífero, algunos verdes de glauconita, pocos de feldespato y de mica.

Granos grandes angulosos alargados y gruesos, con incrustaciones, rayados y algunos con incrustaciones pequeñas.

XIX. *Arena de los Médanos*.—(Concepción del Uruguay)—Ferruginosa, con granos coloreados de rojo-parduzco por el óxido de fierro y de manganeso incrustado, alternan de feldespato oscuros; granos pequeños y algunos grandes de fierro titanífero, pocos de mica.

Granos de regulares dimensiones, redondeados, algunos gruesos y angulosos con incrustaciones é inclusiones rojas de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; otros veteados y punteados.

XX. *Arena de los Médanos*.—(Colón, E. Ríos)—Ferruginosa, de grano muy variado, unos muy coloreados de rojo-parduzco por el  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  incrustado, algunos de fierro titanífero, bantantes de feldespato oscuro, pocos de calcáreos y otros verdosos de glauconita.

Granos grandes, alternando con pequeños y angulosos, incluidos y veteados.

XXI. *Arena de Mar del Plata*.—Ferruginosa y calcárea, de grano muy diverso, unos de cuarzo casi incoloros, la mayoría pardo oscuros por el  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  incrustado, muchos de feldespato oscuro, glauconíticos y calcáreos, mezclados en proporciones más ó menos iguales, pocos de mica, existiendo bastante cantidad de fierro titanífero.

Granos grandes alargados, redondeados y gruesos, algunos con inclusiones y la mayoría con incrustaciones.

---

## Estudio Microfotográfico

Como trabajo complementario y por simple ensayo, hemos efectuado un estudio microfotográfico de algunas arenas, tratando de hacer notar de un modo más concluyente la semejanza de las nuestras con arenas extranjeras de reconocida pureza.

No nos limitamos á reproducir en fotografía la observación microscópica ya descripta, sino que tratamos de aplicar la polarización rotatoria para reconocer la pureza de una arena.

La fotografía á luz directa de las arenas, nos puede dar una idea de la naturaleza de sus granos, permitiéndonos comprobar lo ya encontrado en el análisis químico ó si son observados antes, hacernos prever someramente la calidad de las substancias extrañas que contiene; pero la aplicación de la luz polarizada puede ser de mucha importancia, sobre todo si se tiene en cuenta la naturaleza de la mayor parte de sus granos.

En efecto, sabemos que el cuarzo tiene la propiedad de desviar la luz polarizada de un cierto ángulo, mientras que los otros componentes de las arenas, la mica, el fierro titanífero y algunos calcáreos, no tienen acción sobre ella. Otros como los feldespatos, silicatos metamórficos, las cloritas, á las cuales pertenece la glauconia, etc., también desvían la luz polarizada, con más ó menos intensidad según la dirección de sus ejes ópticos.

A pesar de esto tratamos de aprovechar la propiedad del cuarzo, en aquellas arenas cuyas substancias extrañas no eran muy abundantes para, quizás, poder reconocer la cantidad de cuarzo existente. En las más impuras, cuya proporción de feldespato, glauconia, etc.; es grande, no puede considerarse práctico, aunque guía mucho su conocimiento.

La polarización rotatoria y sobre todo la cromática, es pues, la propiedad que vamos á aprovechar para este estudio.

No entraremos en la explicación de cada uno de estos fenómenos por ser conocidos; sólo diremos que es verdaderamente la polarización cromática la producida al observarlas á la luz polarizada, siendo muy difícil y más aún en cristales tan diversos como son los de las arenas, que puedan estar todos dirigidos perpendicularmente á su eje óptico, que daría solamente así la polarización rotatoria.

Debido además al hecho de haber empleado luz blanca, como las diversas radiaciones que la componen, tienen longitud de onda diferentes y eran retenidos desigualmente por estos granos, resultaban coloreados con las irisaciones propias de la polarización cromática.

Muchos otros factores influyen en la coloración que presentan los granos, pero no es la diversidad de su coloración lo que consideramos, sino la propiedad de dejar pasar la luz á nicols cruzados.

Trataremos de explicar en pocas palabras el resultado de estas investigaciones, adjuntando las siguientes microfotografías que ilustrarán más.

Como hubiera sido muy largo, dar resultados de todas las arenas estudiadas, las hemos dividido en siete grupos, atendiendo á la procedencia y á su semejanza en la composición química.

De este modo llamamos: arenas del primer grupo, las blancas

extranjerías, comprendiendo la I, II y III; habiendo sido estudiada la II de composición química media.

Arenas del 2.º grupo: las del Río Paraná, comprendiendo la IV, V, VI, VII, VIII y XVII; estudiada la VI.

Arenas del 3.º grupo: las de Montevideo, comprendiendo la XIV y XV; estudiada la XIV.

Arenas del 4.º grupo: las de Mar del Plata, comprendiendo la XXI; estudiada la XXI.

Arenas del 5.º grupo: las del Río Uruguay, comprendiendo la IX, X, XI, XII y XIII; estudiada la XI.

Arenas del 6.º grupo: las ferruginosas, comprendiendo la XVIII, XIX y XX; estudiada la XIX.

Y arenas del 7.º grupo: las del Río de la Plata, comprendiendo la XVI; estudiada la XVI.

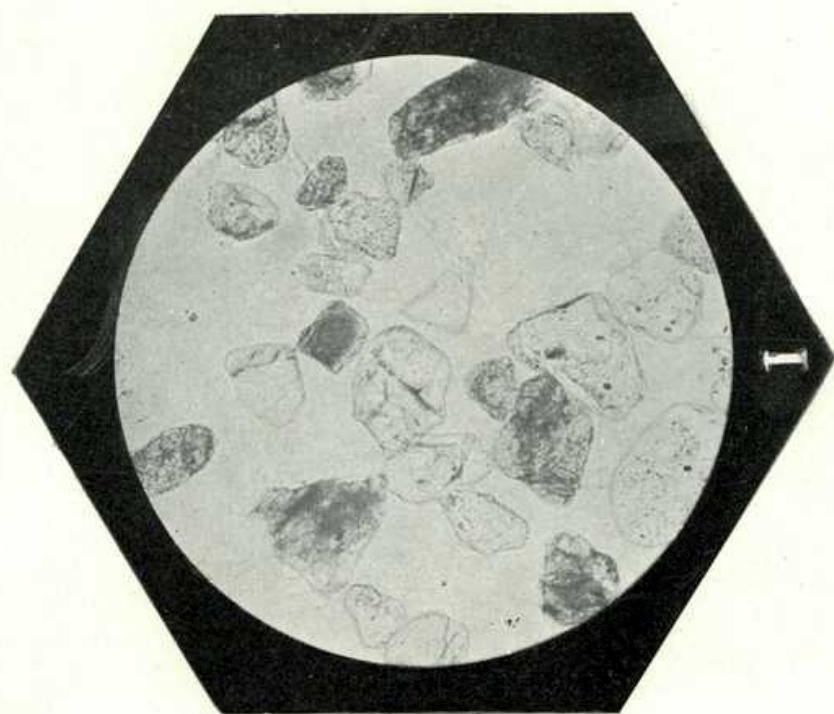
Observando las siete primeras microfotografías, sacadas directamente á luz de arco, se nota que los granos de las arenas del 1.º y 2.º grupo son muy semejantes, existiendo muchos casi transparentes y muy pocos oscuros, debido á las incrustaciones ó á su naturaleza; diferente del cuarzo.

Ya en el 3.º y 5.º grupo, las substancias extrañas aumentan, (es lo que aparece negro en las fotografías), aunque se nota que la proporción de cuarzo puro es también grande; en los demás grupos los granos negros son mucho más abundantes.

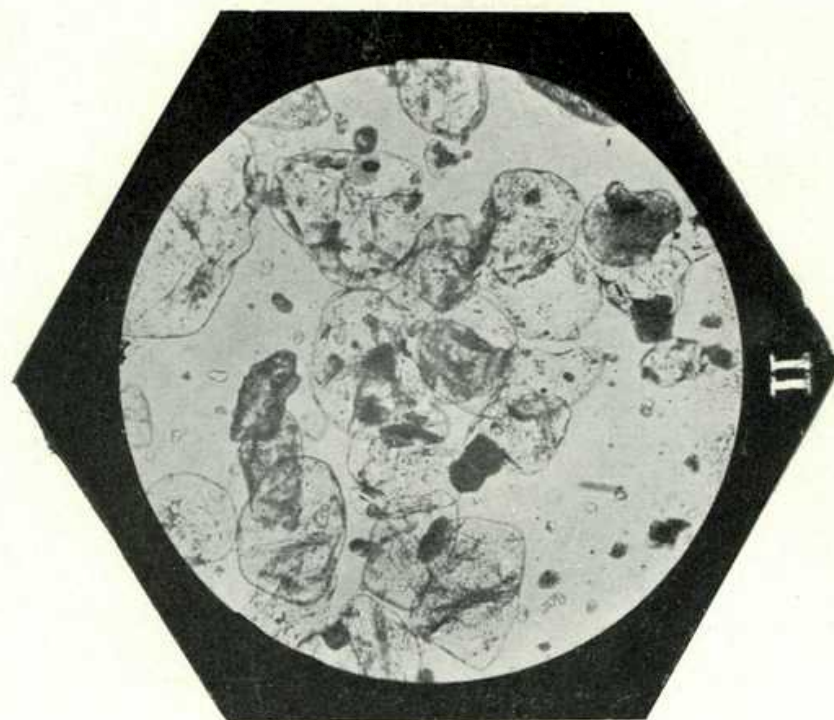
Sin embargo, no puede considerarse que todo lo transparente sea cuarzo, pues las láminas de mica pura y algunos calcáreos, se presentan igualmente incoloros al microscopio, diferenciándose solamente en el clivaje, rayas, etc., que pre-

LUZ NATURAL

LÁMINA I.

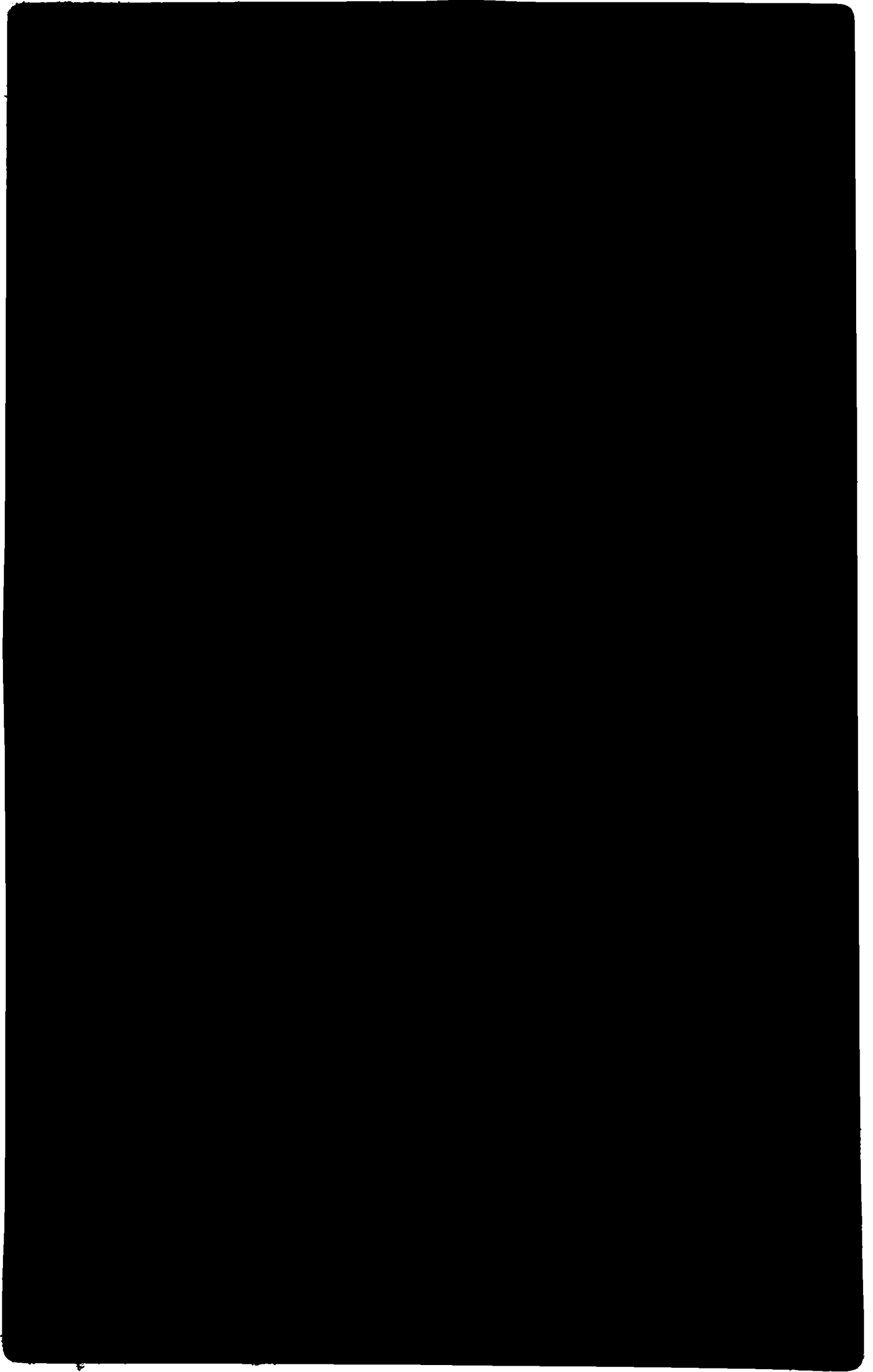


1.º Grupo



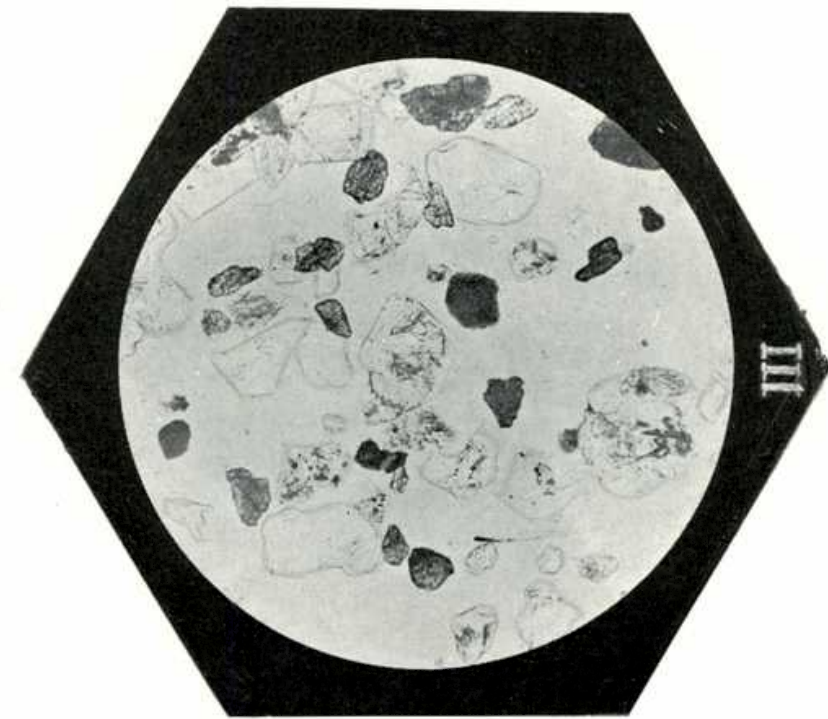
2.º Grupo



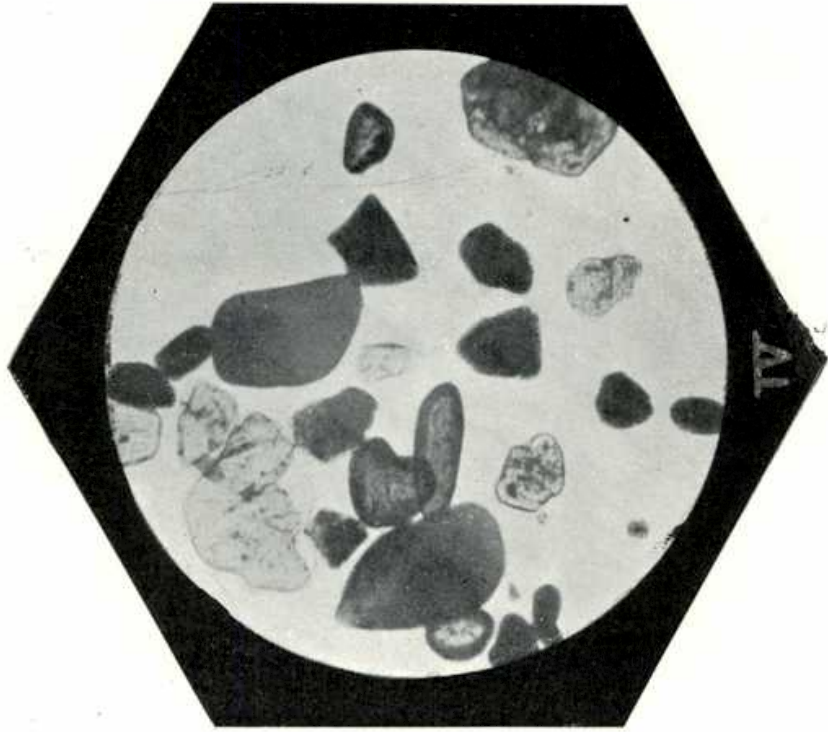


LUZ NATURAL

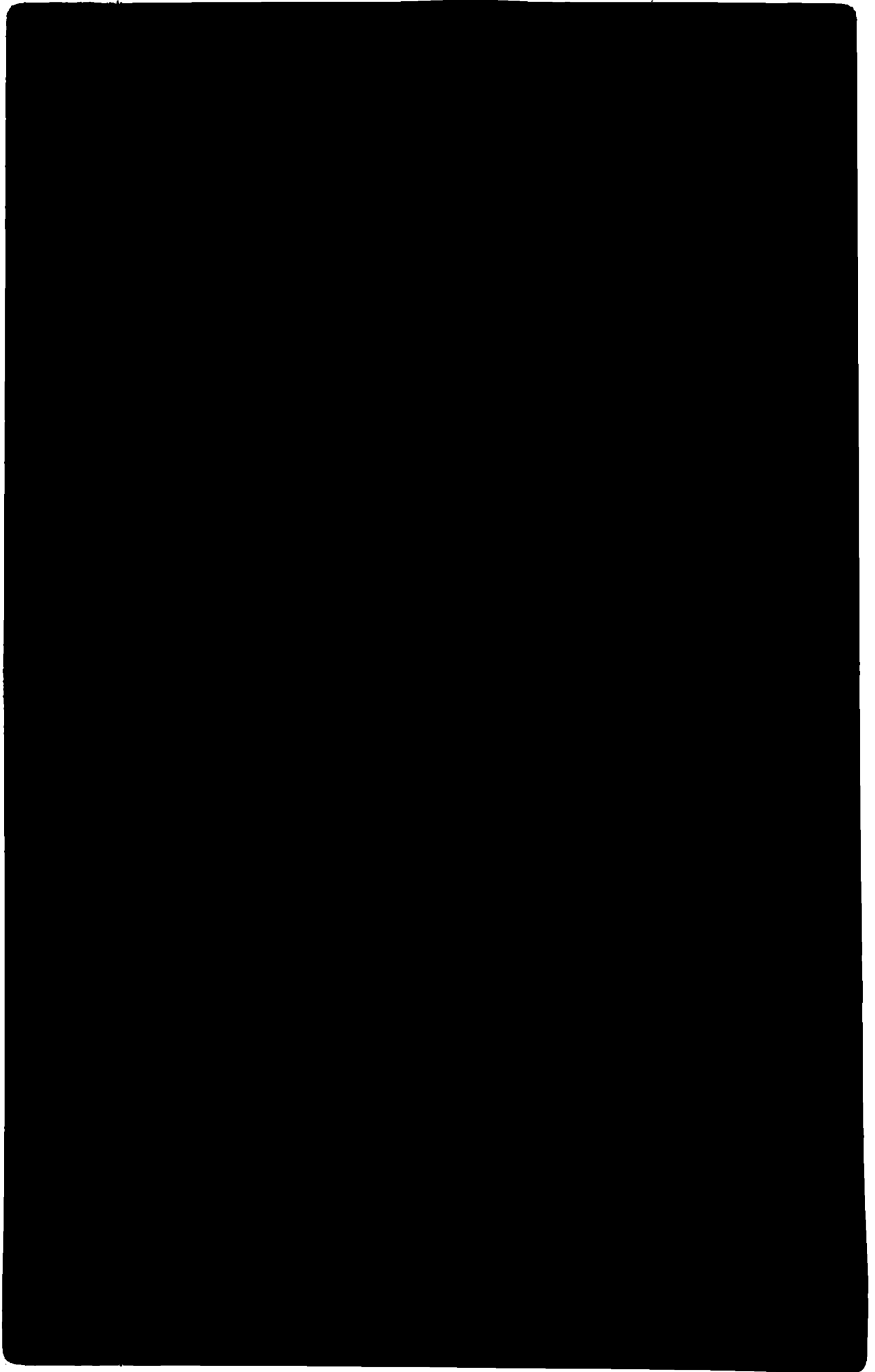
LÁMINA II.



1. B.er Grupo

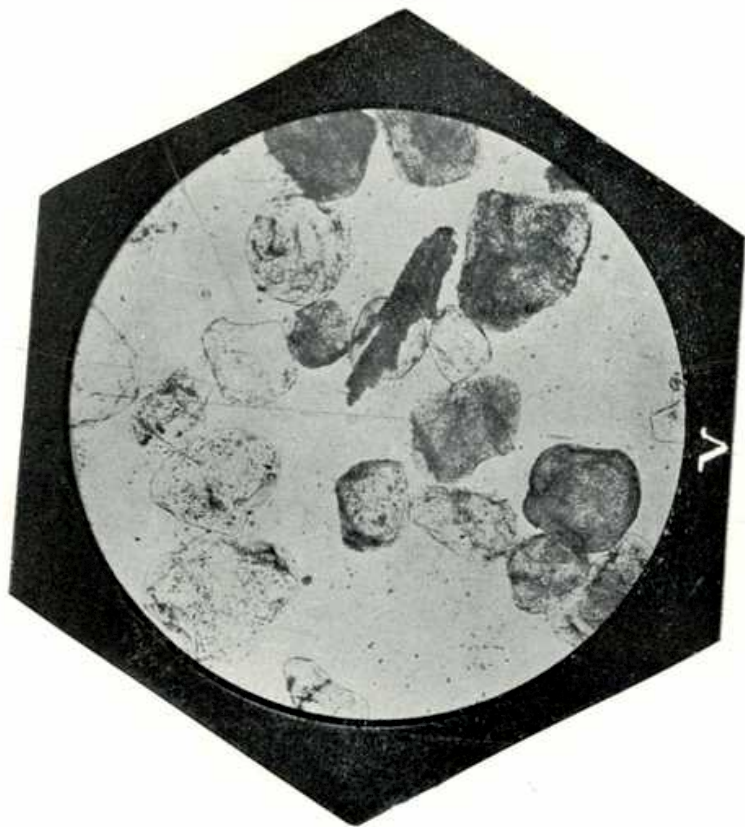


4.º Grupo

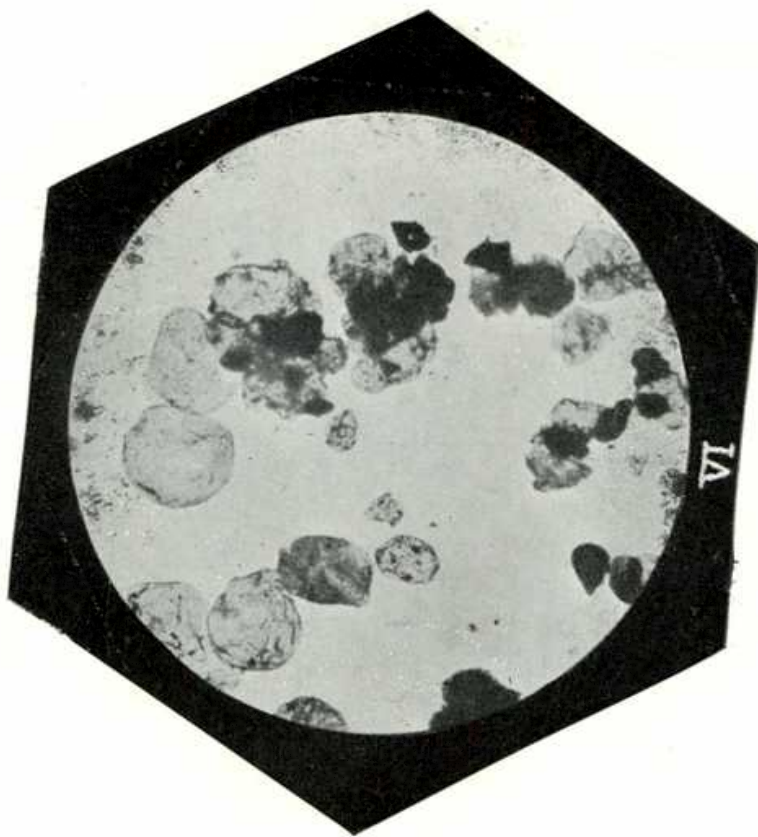


LUZ NATURAL

LÁMINA III.



5.º Grupo



6.º Grupo

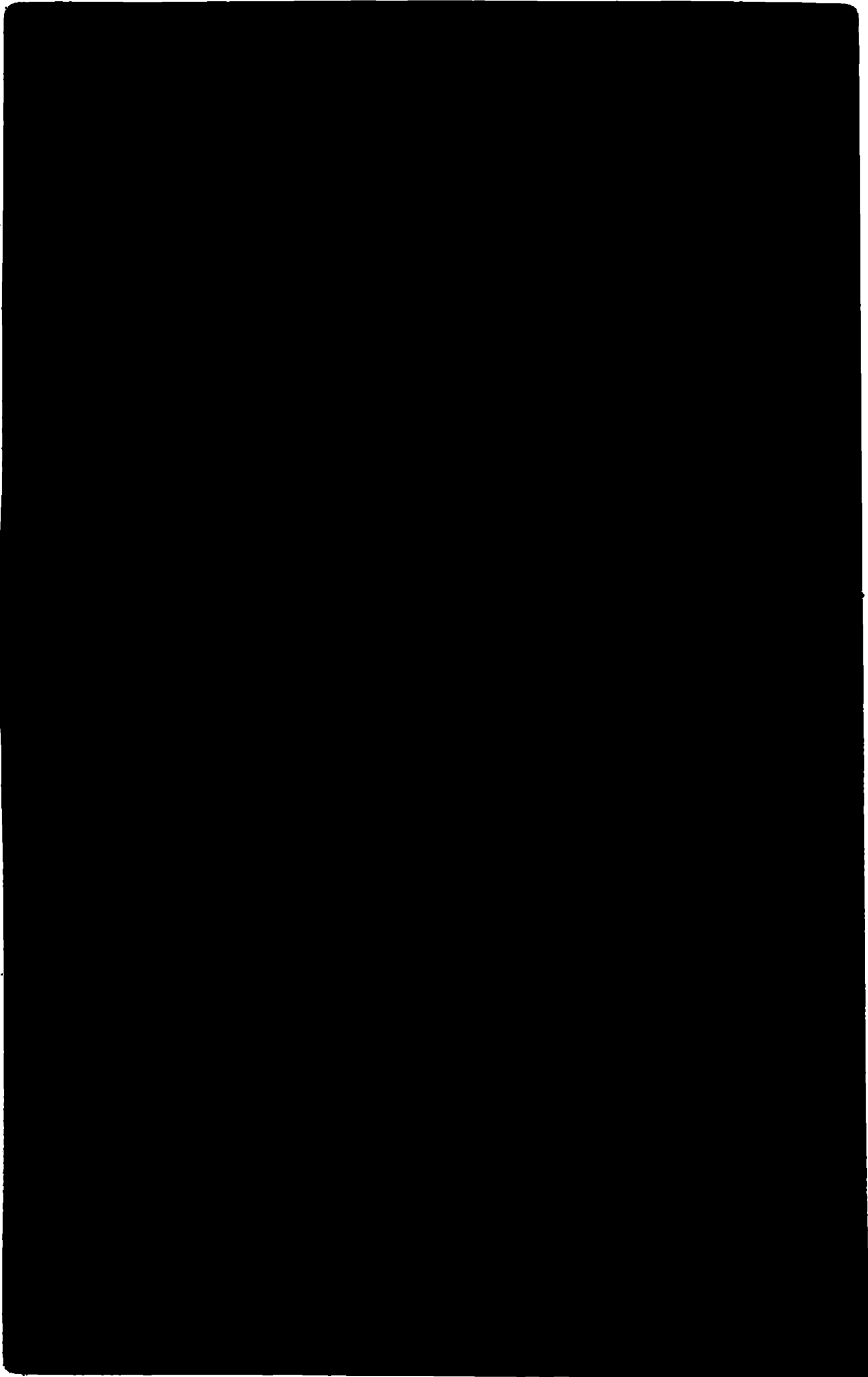
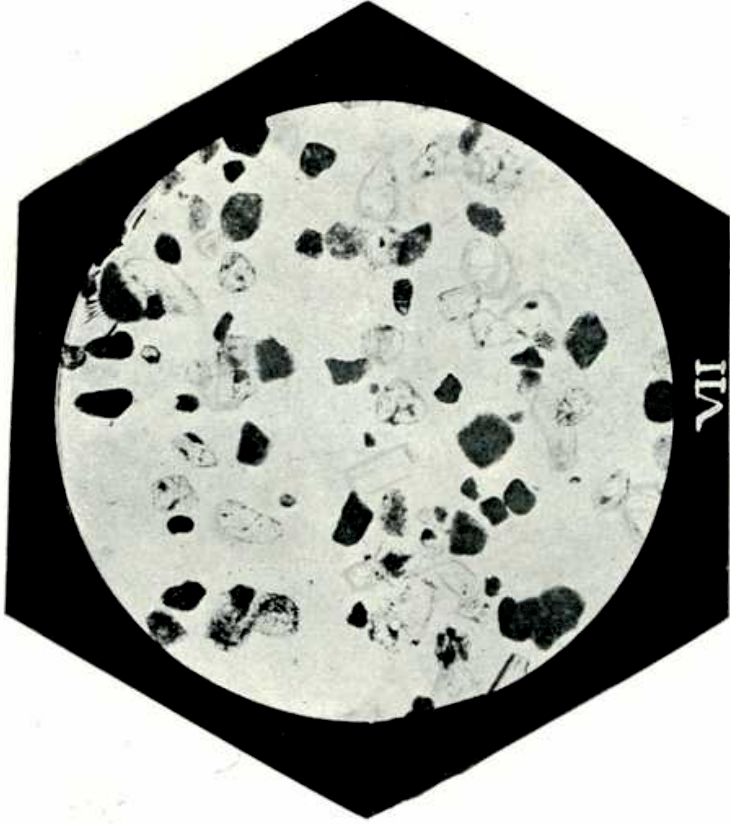
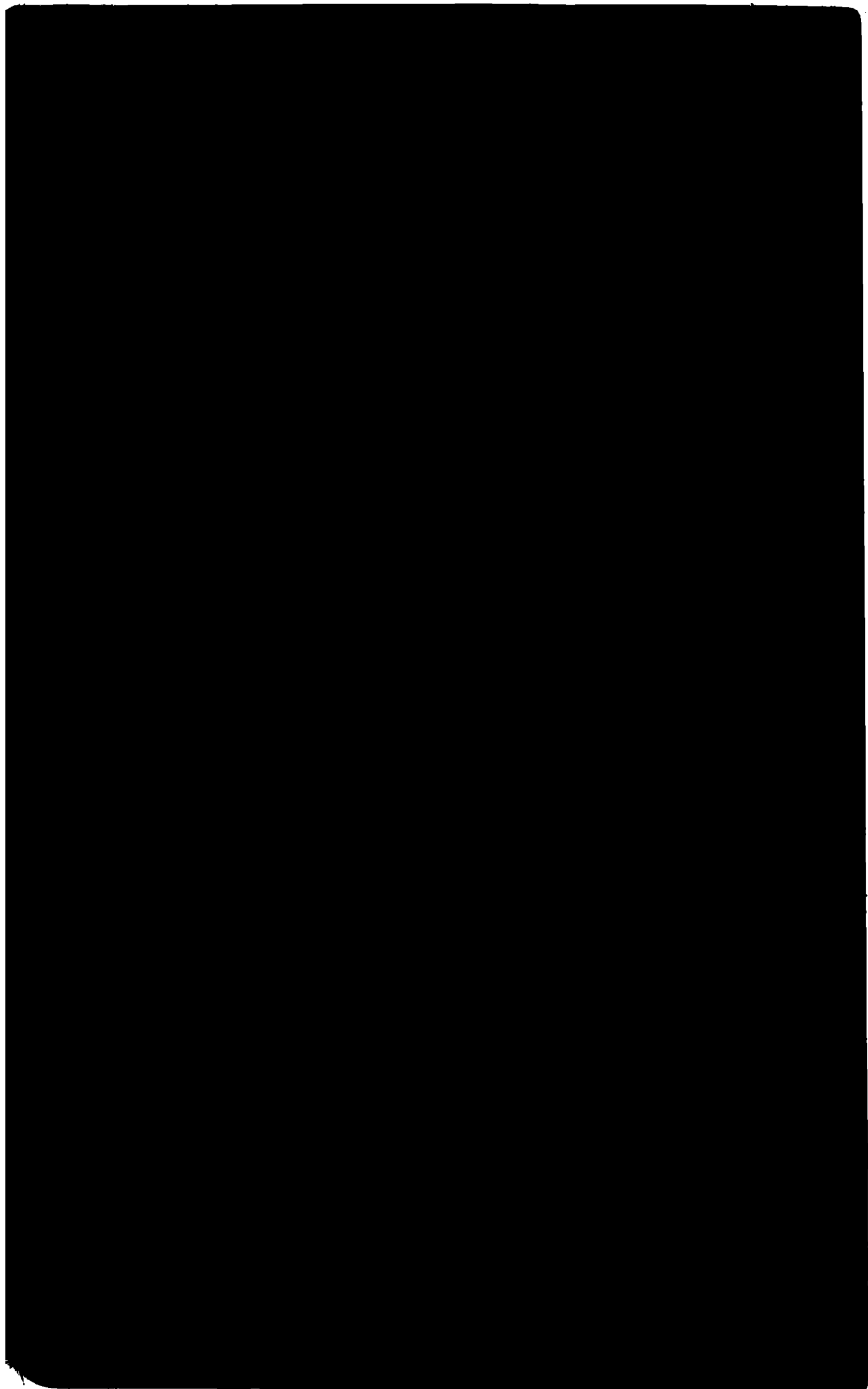


LÁMINA IV.

LUZ NATURAL



7.º Grupo



sentan. De ahí la aplicación que tratamos de conseguir empleando la luz polarizada.

Estas preparaciones fueron sacadas por transparencia, con un aumento de 56 diámetros, iluminándolas con luz de arco, paralela.

---

Para efectuar las observaciones á luz polarizada y con el objeto de impedir la acción de las incrustaciones, sometimos previamente las arenas de cada grupo á un lavaje con HCl al 20 % y á la temperatura del baño maría, cuidando no cambiar la composición general de la arena. De este modo casi todo el  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  era eliminado y la naturaleza del grano era más visible.

Las preparaciones fueron hechas y observadas igualmente que las anteriores, solo se interpuso el polarizador y analizador en el microscopio.

De cada grupo se han efectuado dos microfotografías, una con nicoles paralelos, para dar á conocer la forma que presentan los granos lavados y compararlos con las efectuadas á luz directa sin lavar; y otra á nicoles cruzados 90.º, de las lavadas, para poder sacar una consecuencia del porcentaje de cuarzo contenido.

Comparando las microfotografías de las arenas lavadas con sus correspondientes sin lavar, se observa que las del 1.º y 2.º grupo permanecen muy semejantes, siendo siempre los granos transparentes, con pocas partes oscuras, no habiendo sufrido cambio sensible. Mientras que en las del 5.º grupo, se ve que la transparencia del grano ha aumentado, pudiendo ahora compararse con las del 1.º y 2.º; probando lo ya dicho, para las arenas de este grupo (Río Uruguay), que sometidas á un lavaje con HCl diluido podrán ser usadas con provecho.



En las restantes, la cantidad de granos negros es bastante abundante, aunque se notan mejoras sensibles en los grupos 3.º y 6.º.

Entremos ahora en la comparación de las arenas lavadas á nicoles paralelos, y las mismas á nicoles cruzados, que es lo más importante.

Los dos primeros grupos presentan casi el mismo número de granos, en ambas posiciones de los nicoles con igual nitidez, solo algunos del grupo 2.º, como el marcado con la letra (a), aparece apenas sus bordes, quizás debido á la cantidad de incrustaciones contenidas ó por ser de naturaleza diferente al cuarzo; aunque no abundan.

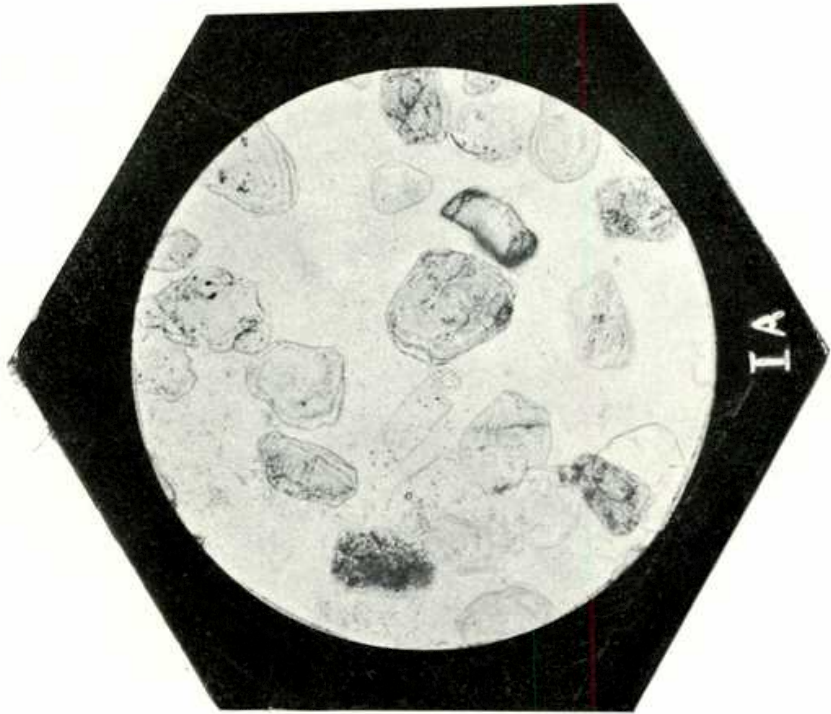
En las preparaciones del grupo 5.º, la semejanza en ambas posiciones es muy grande, y salvo pocos granos como el (b), que á nicoles cruzados se extingue, debido posiblemente á que su naturaleza fuese la mica, todos los demás se presentan muy semejantes á los del 1.º y 2.º grupo, corroborando aún más lo ya dicho.

Las arenas de los grupos 3.º y 6.º, presentan también muchos granos iluminados á nicoles cruzados, pero observados con detenimiento se nota en los del 3.º grupo, granos que apareciendo negros á nicoles paralelos, no se ven en la otra posición; es debido á la cantidad de substancias extrañas que contiene, sobre todo el hierro magnético y titanífero muy abundante.

En el grupo 6.º igualmente; solo que estas substancias extrañas están en menor cantidad y la proporción de cuarzo es mayor.

LUZ POLARIZADA

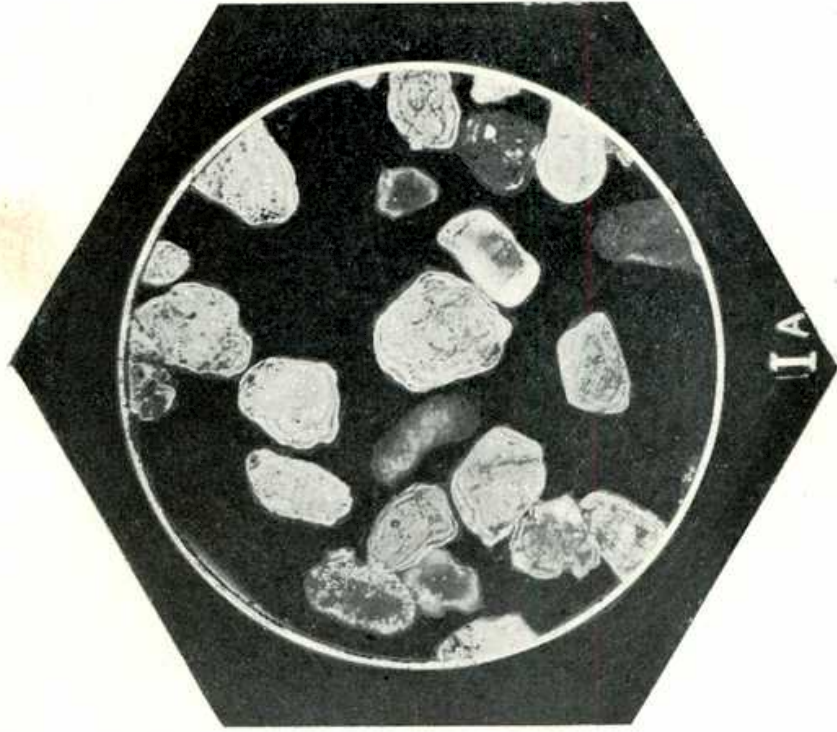
1.º Grupo



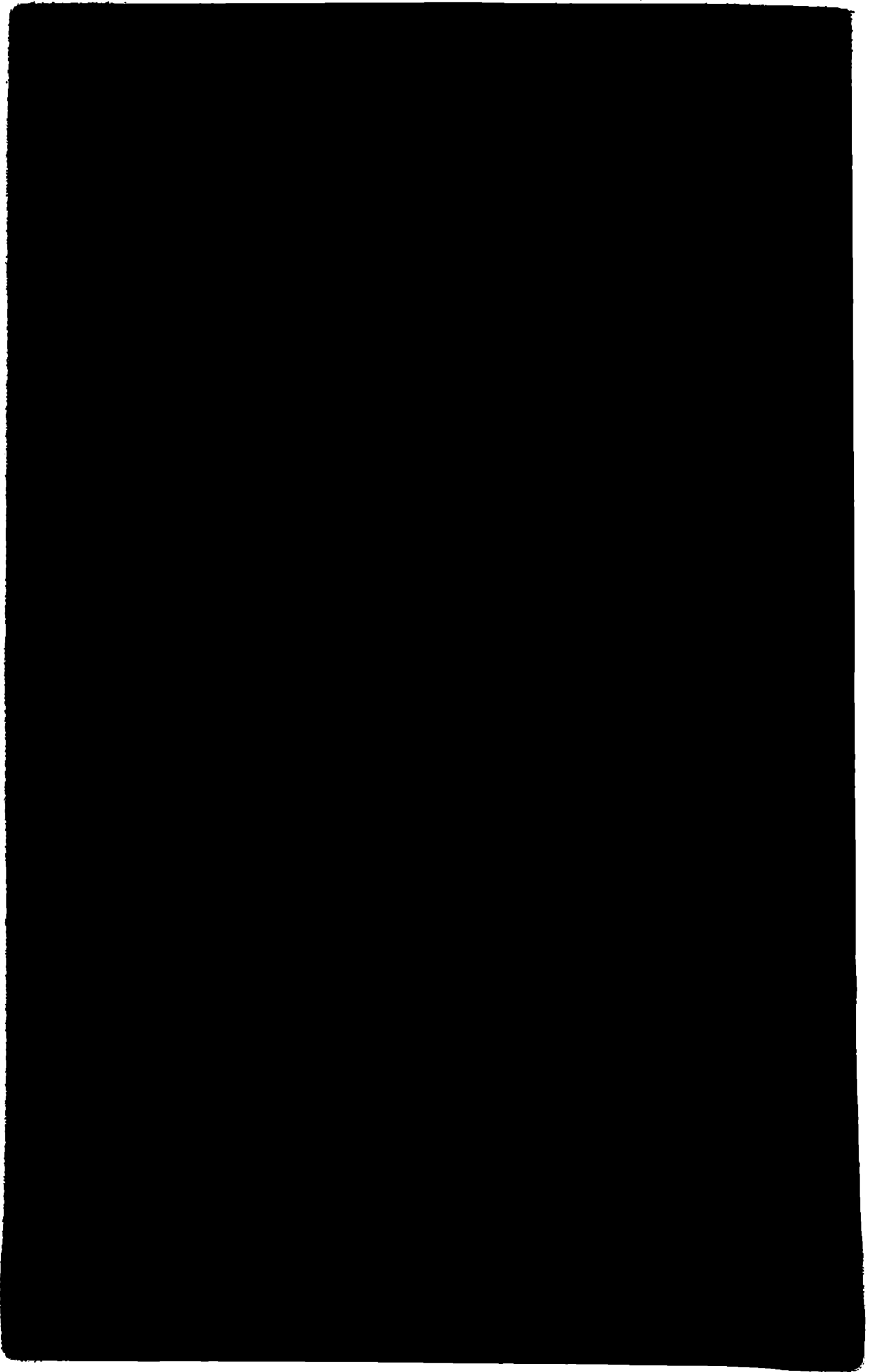
Paralelos

NICOLES

LÁMINA V.

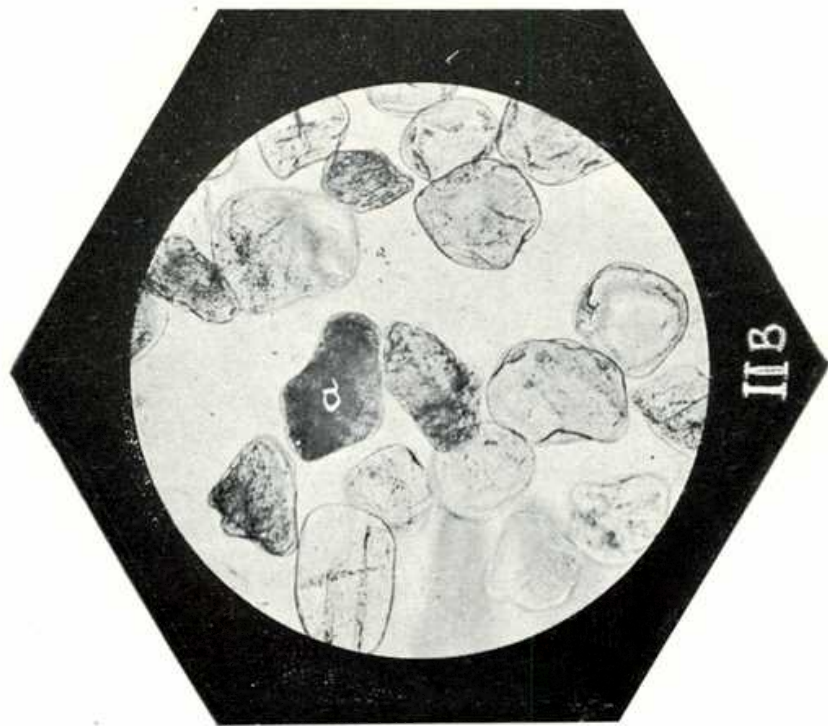


Cruzados



LUZ POLARIZADA

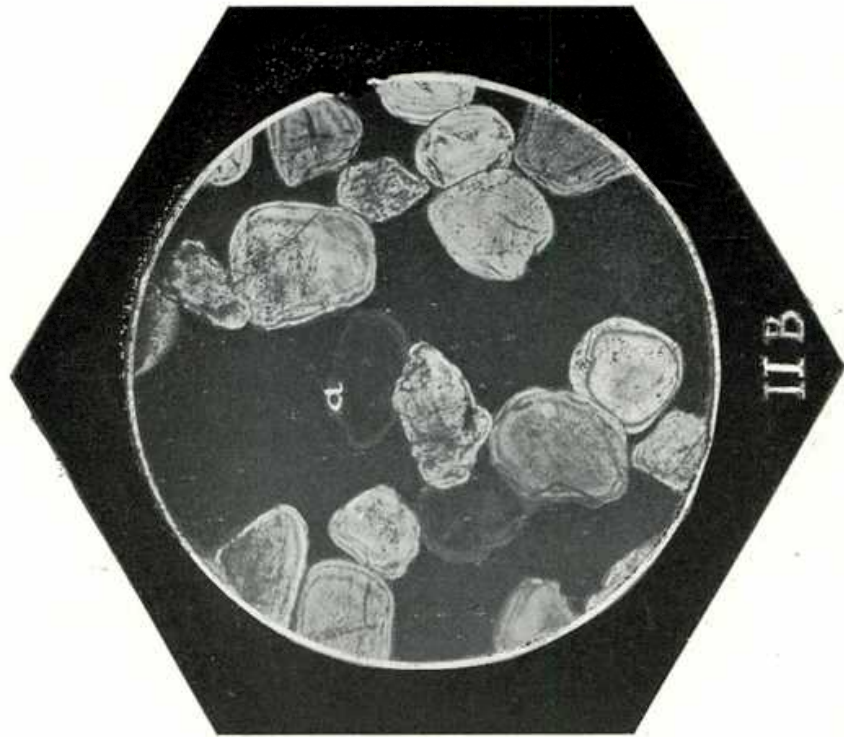
2.º Grupo



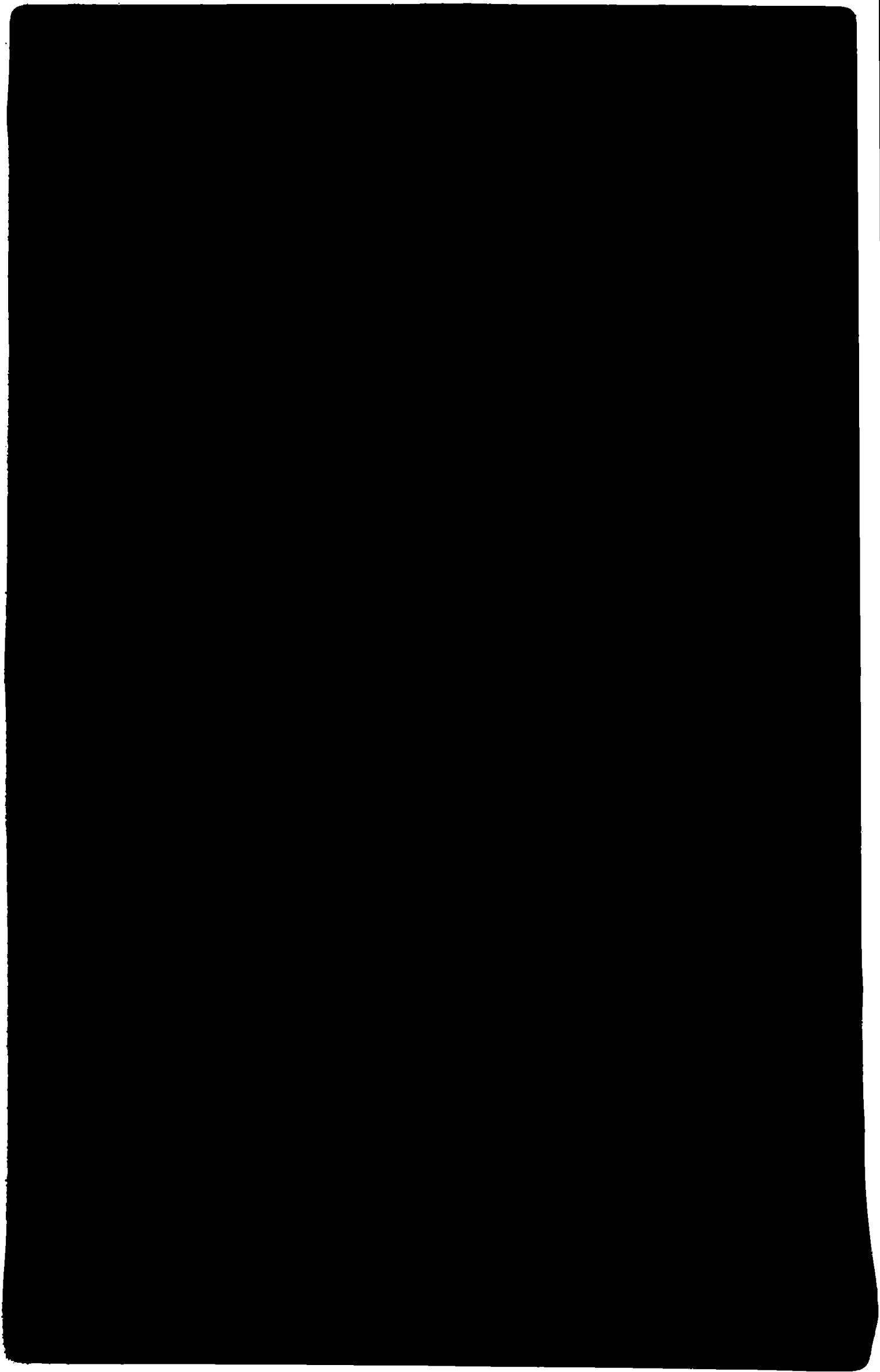
Paralelos

NICOLES

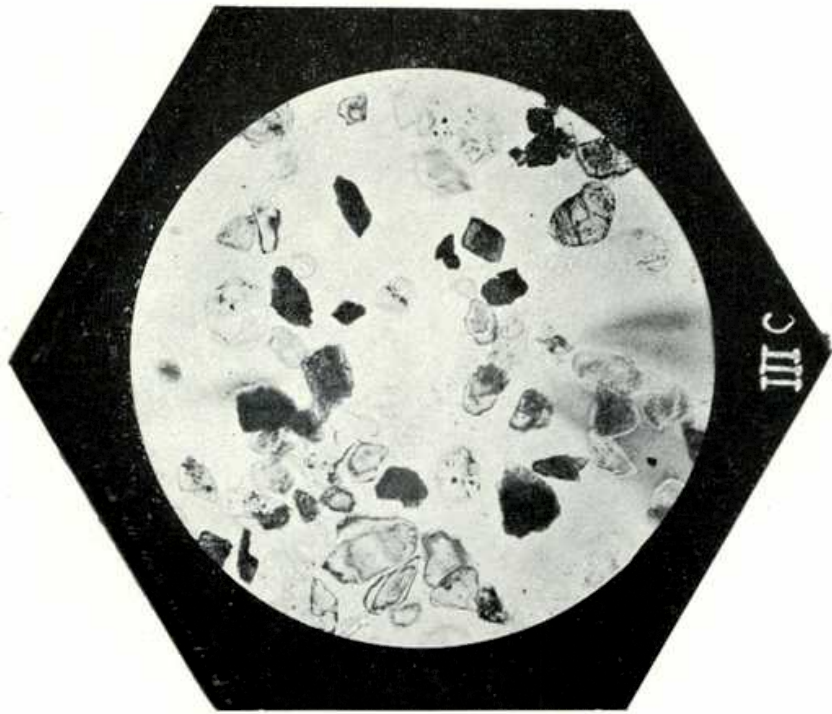
LÁMINA VI.



Cruzados



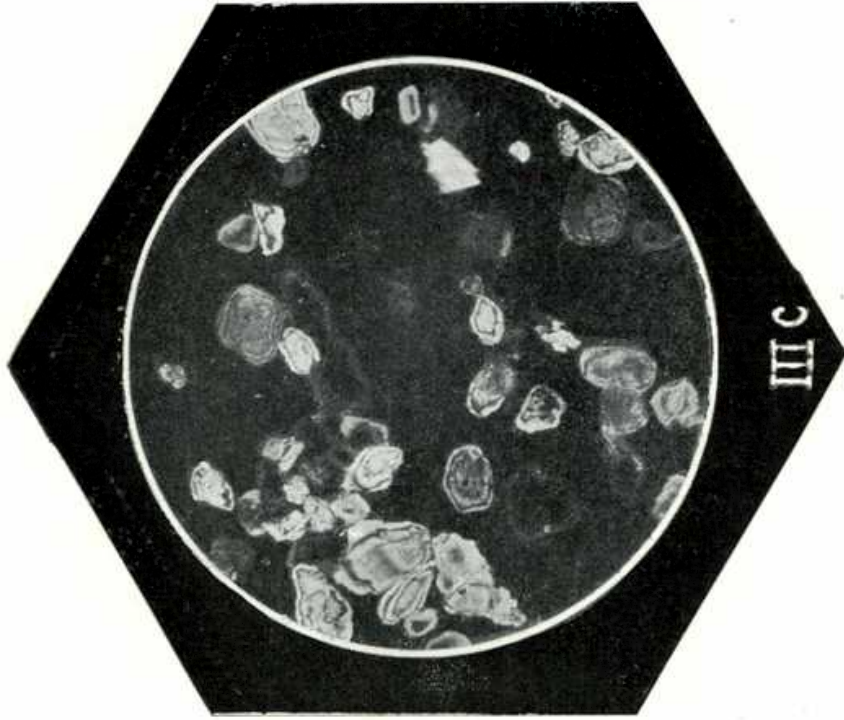
LUZ POLARIZADA  
3.er Grupo



Paralelos

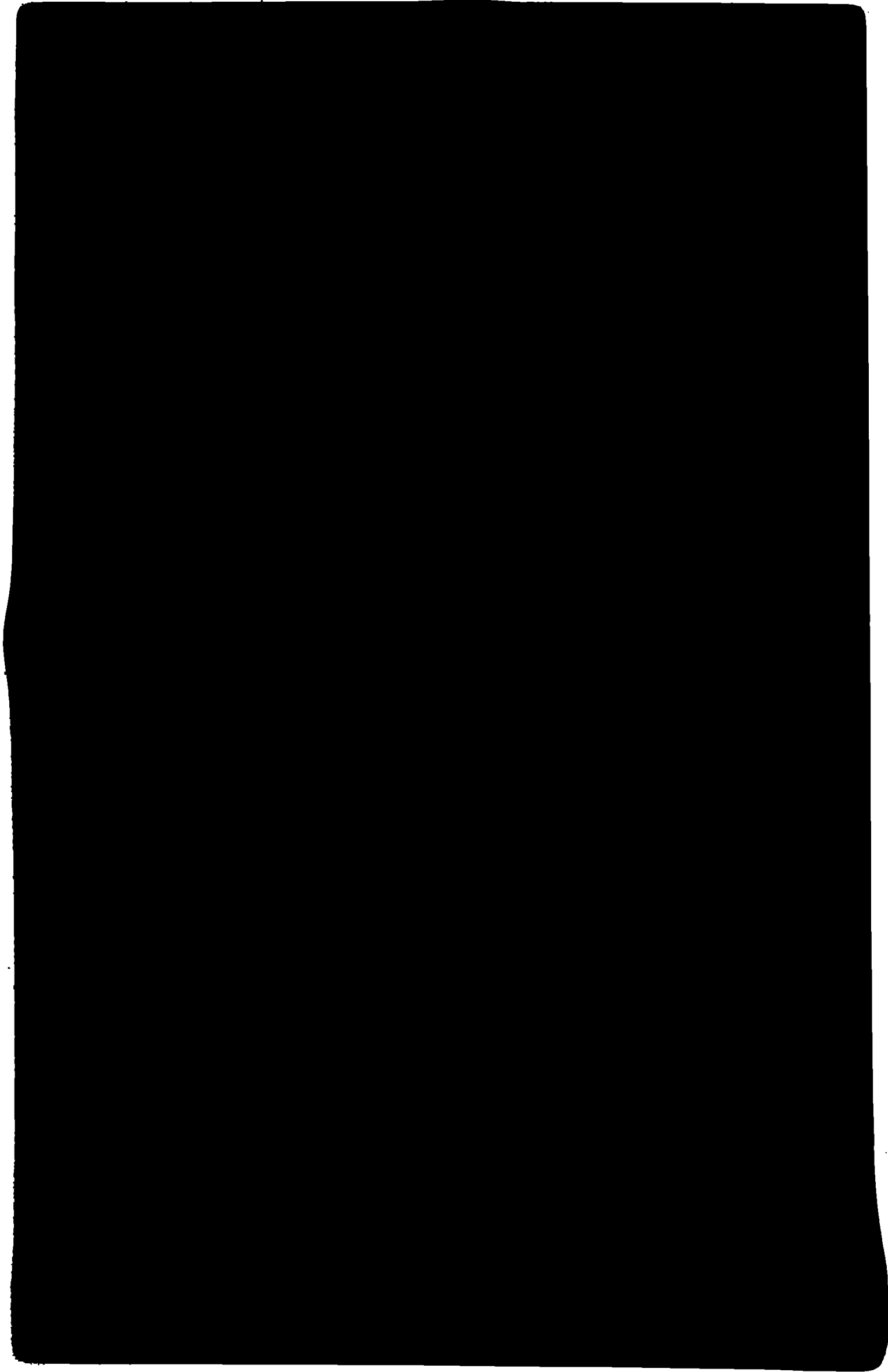
NICOLES

LÁMINA VII.



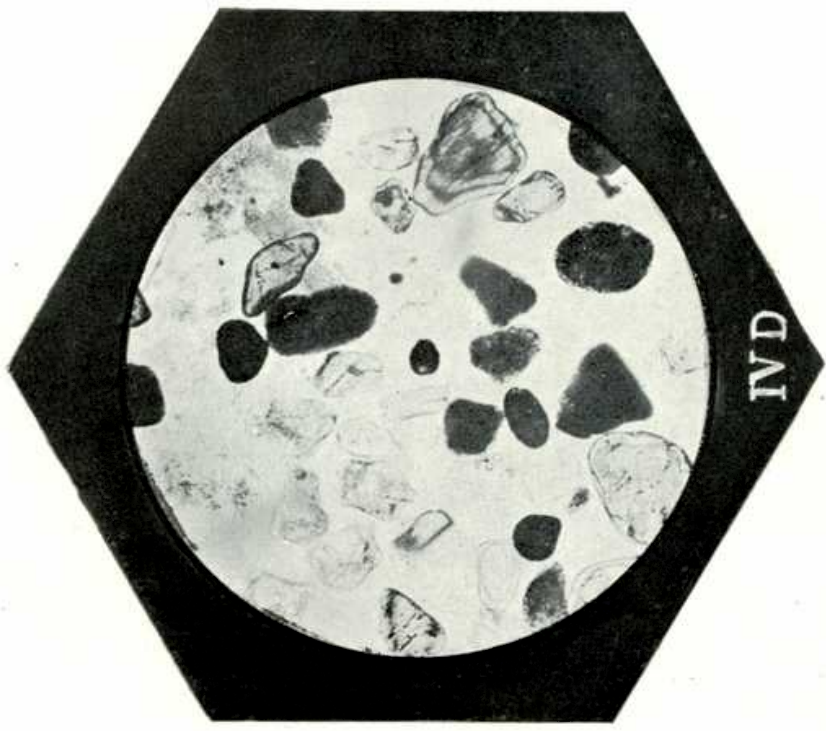
Cruzados

III C



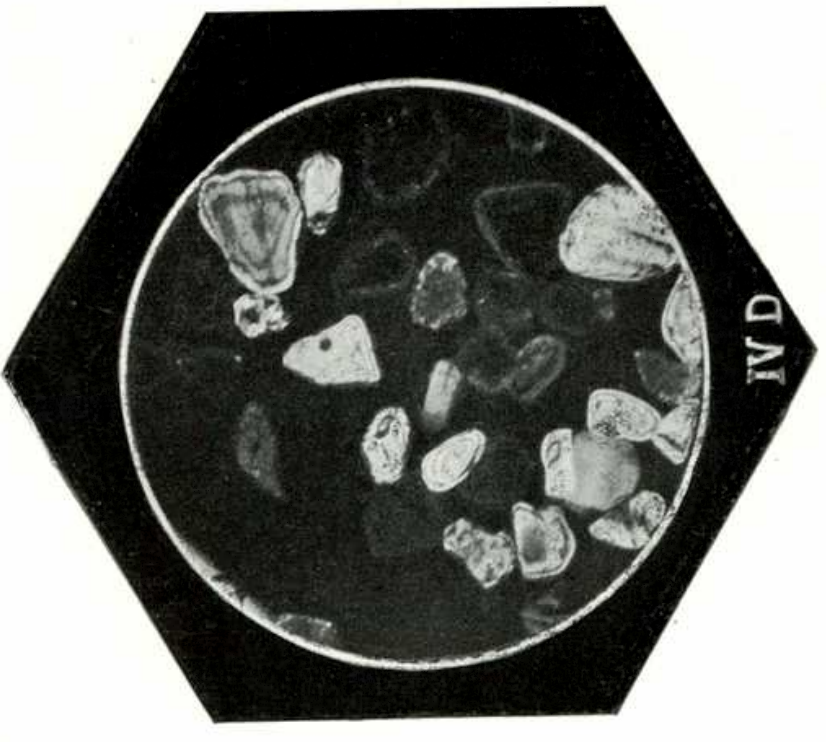
LUZ POLARIZADA

4.º Grupo



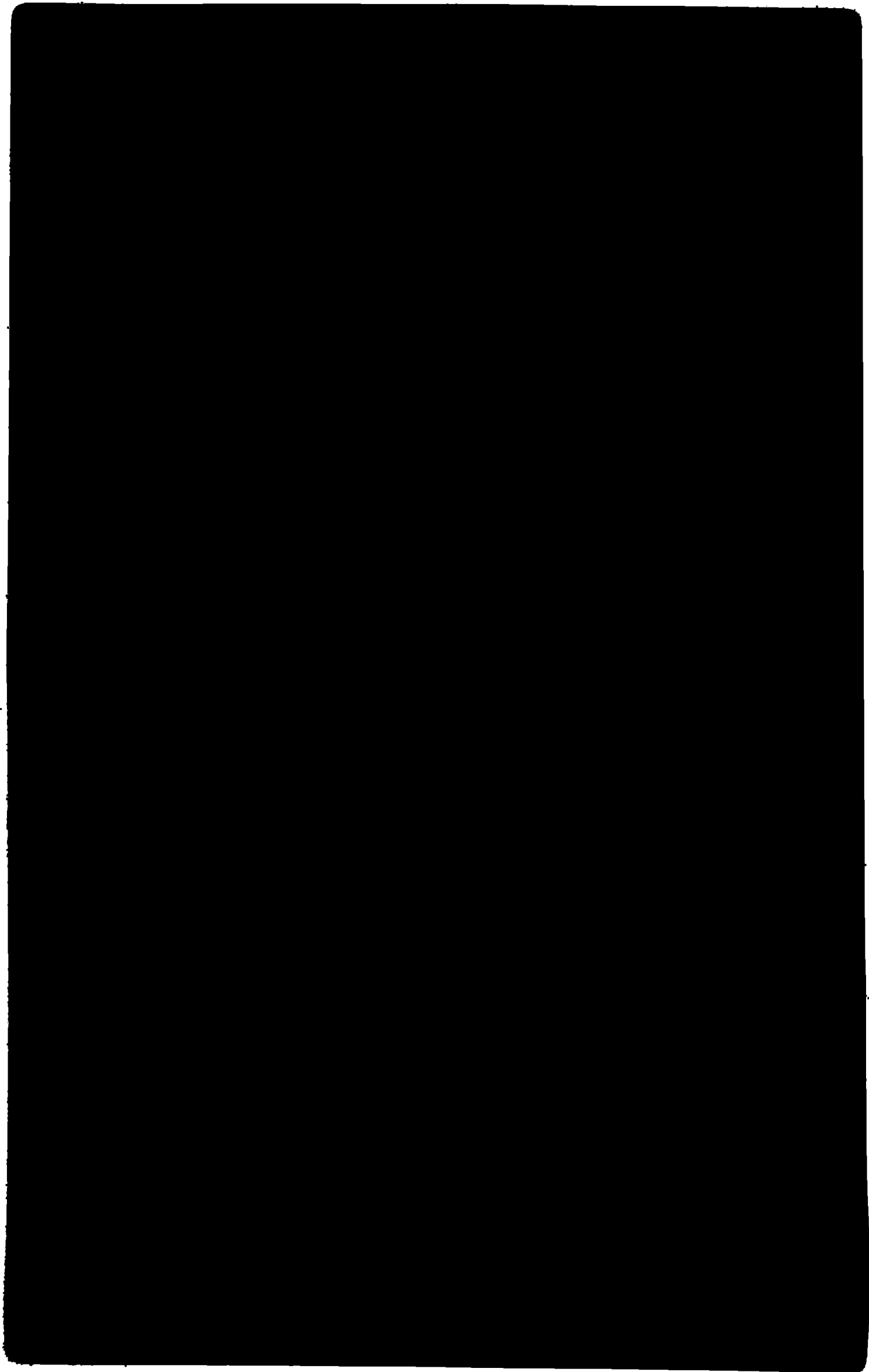
Paralelos

NICOLES



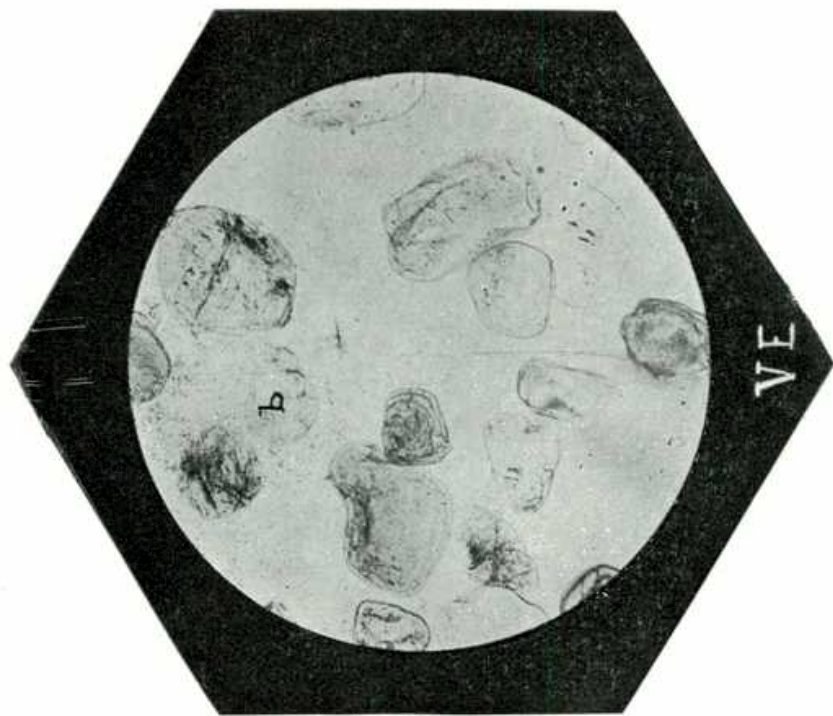
Cruzados





LUZ POLARIZADA

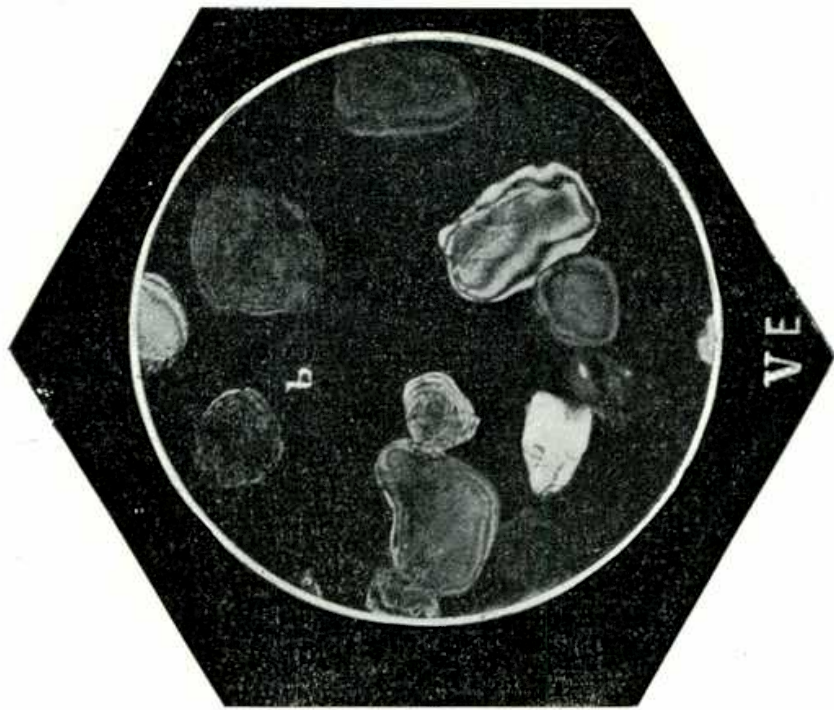
5.º Grupo



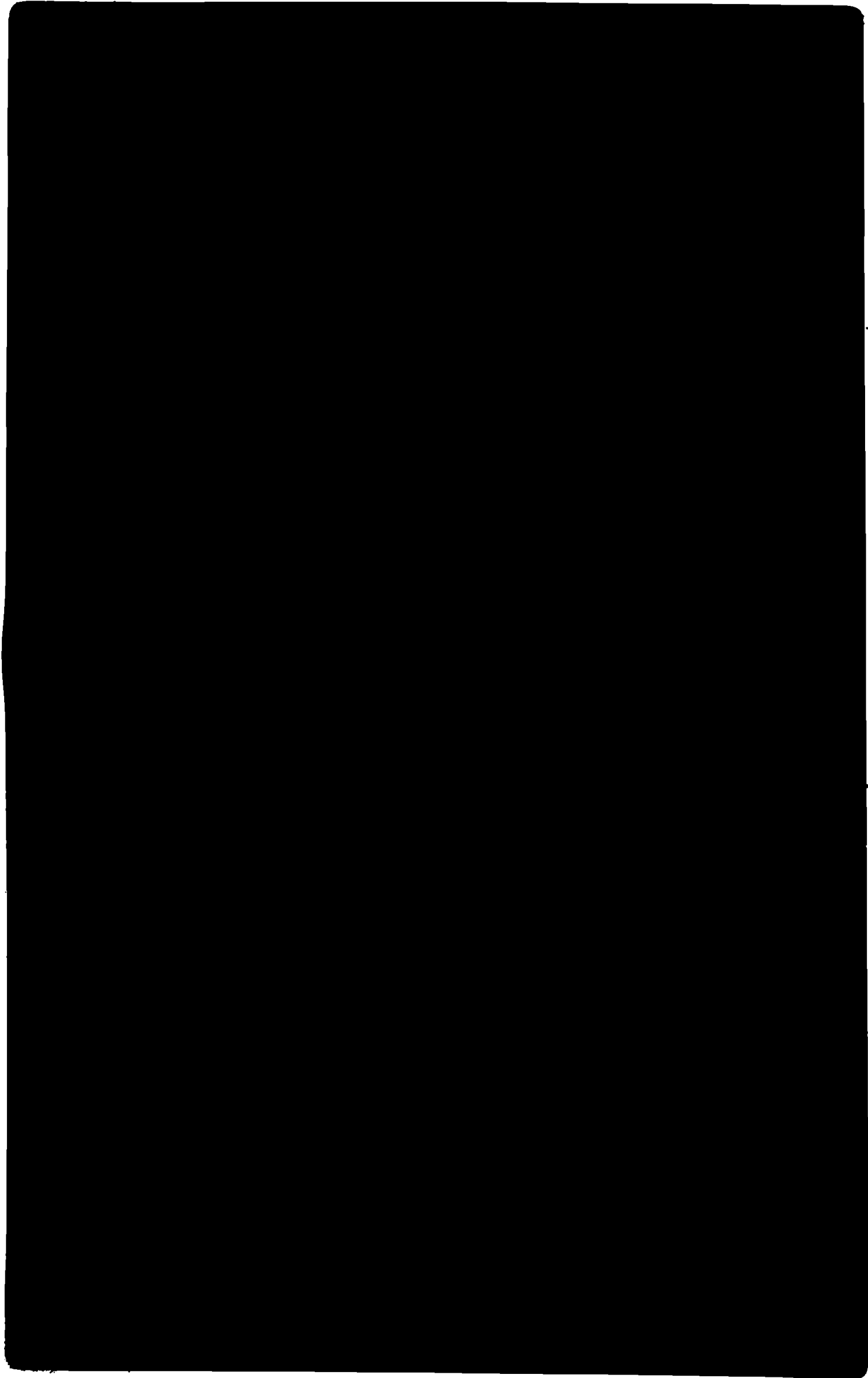
Paralelos

NICOLES

LÁMINA IX.

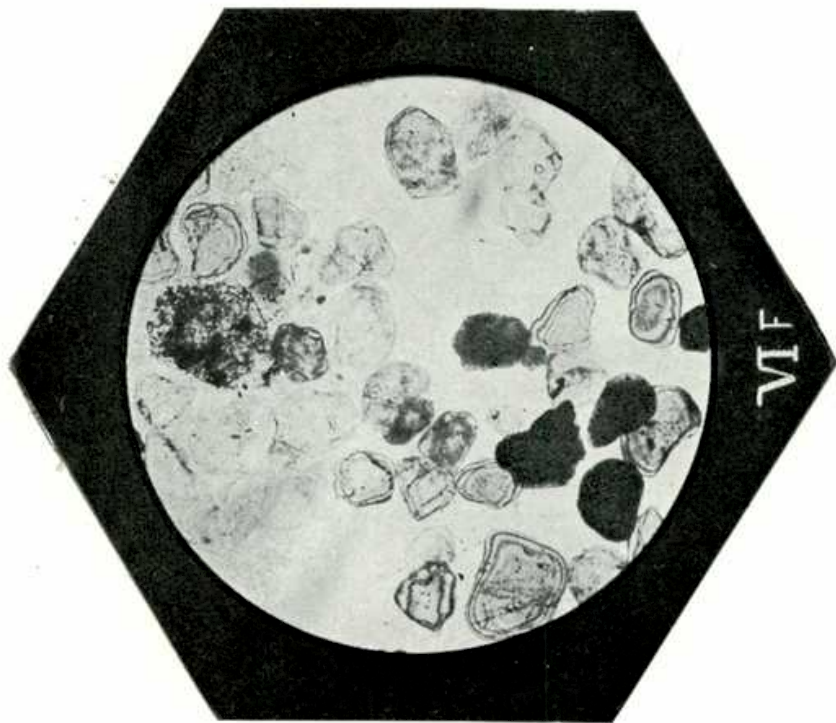


Cruzados

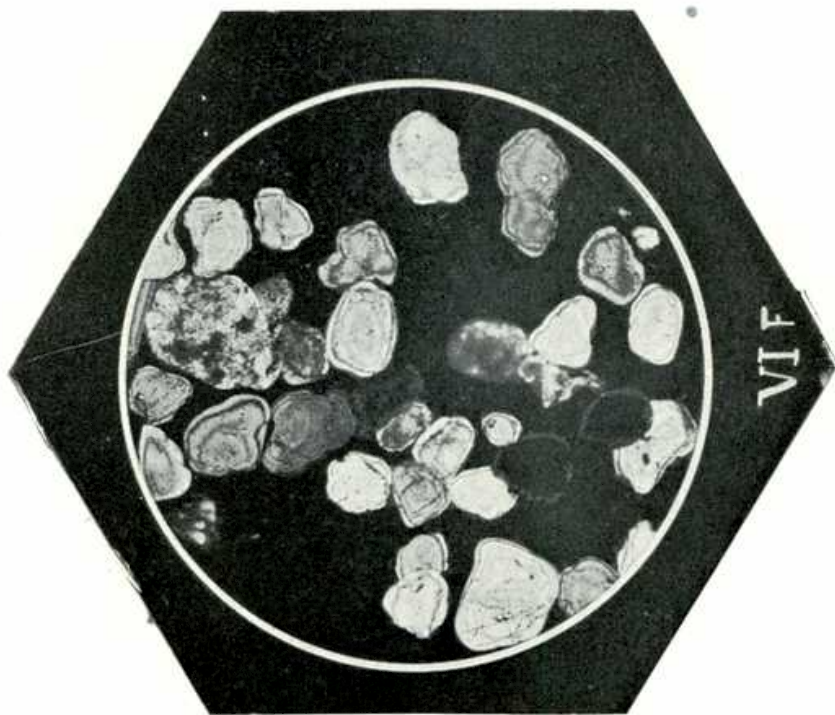


LUZ POLARIZADA

6.º Grupo

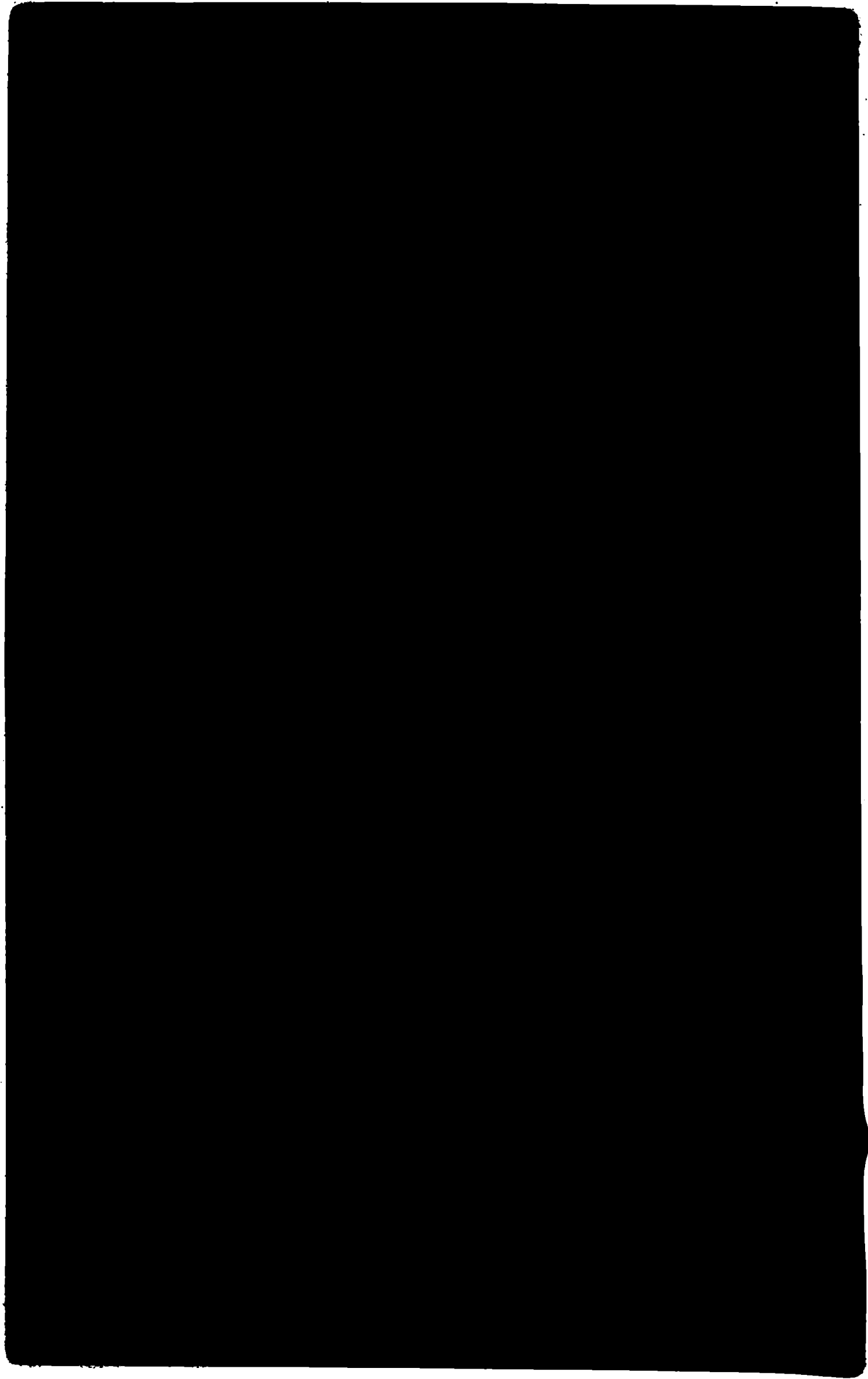


Paralelos



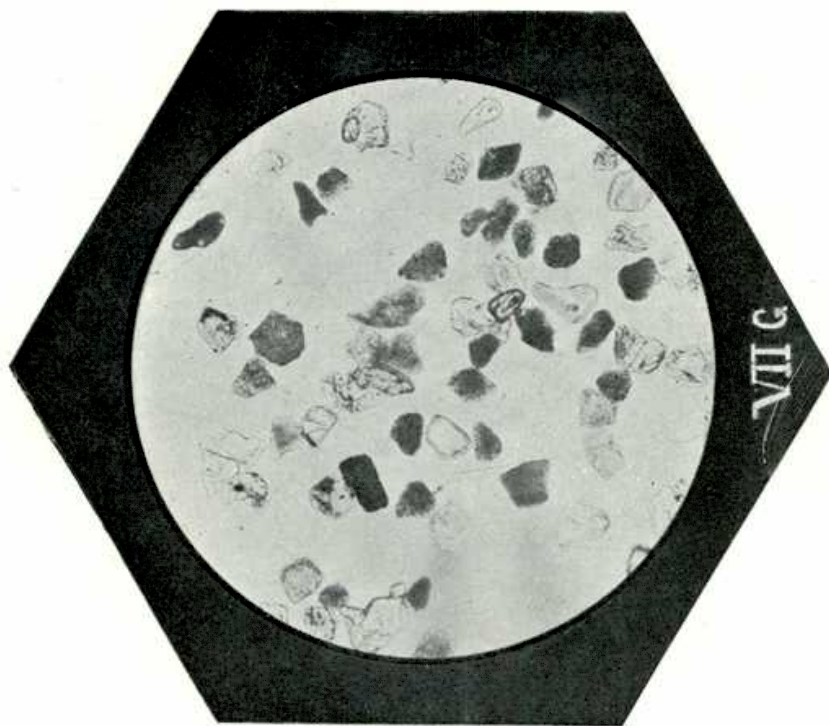
Cruzados

NICOLES



LUZ POLARIZADA

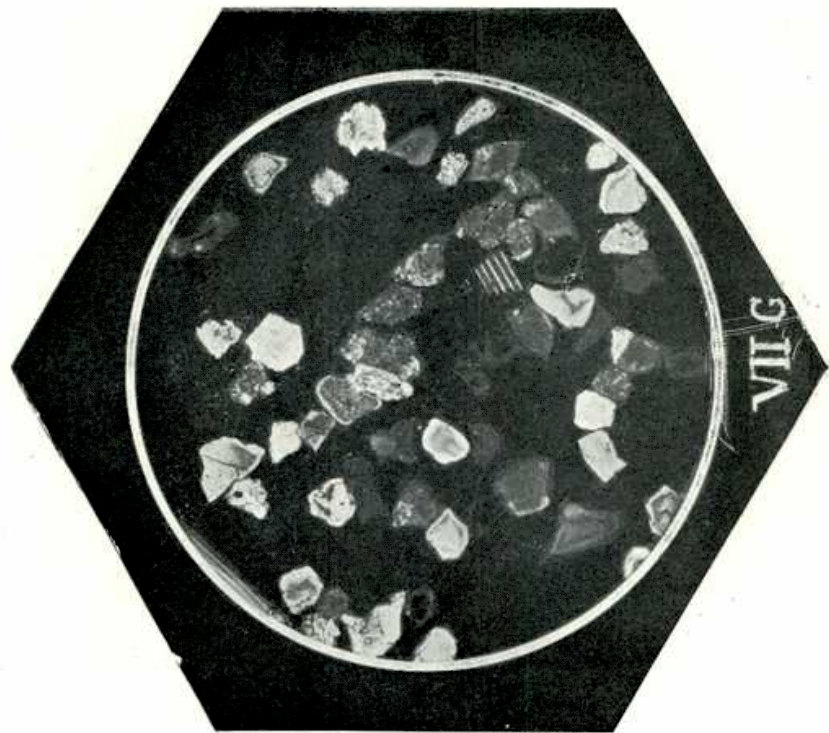
7.º Grupo



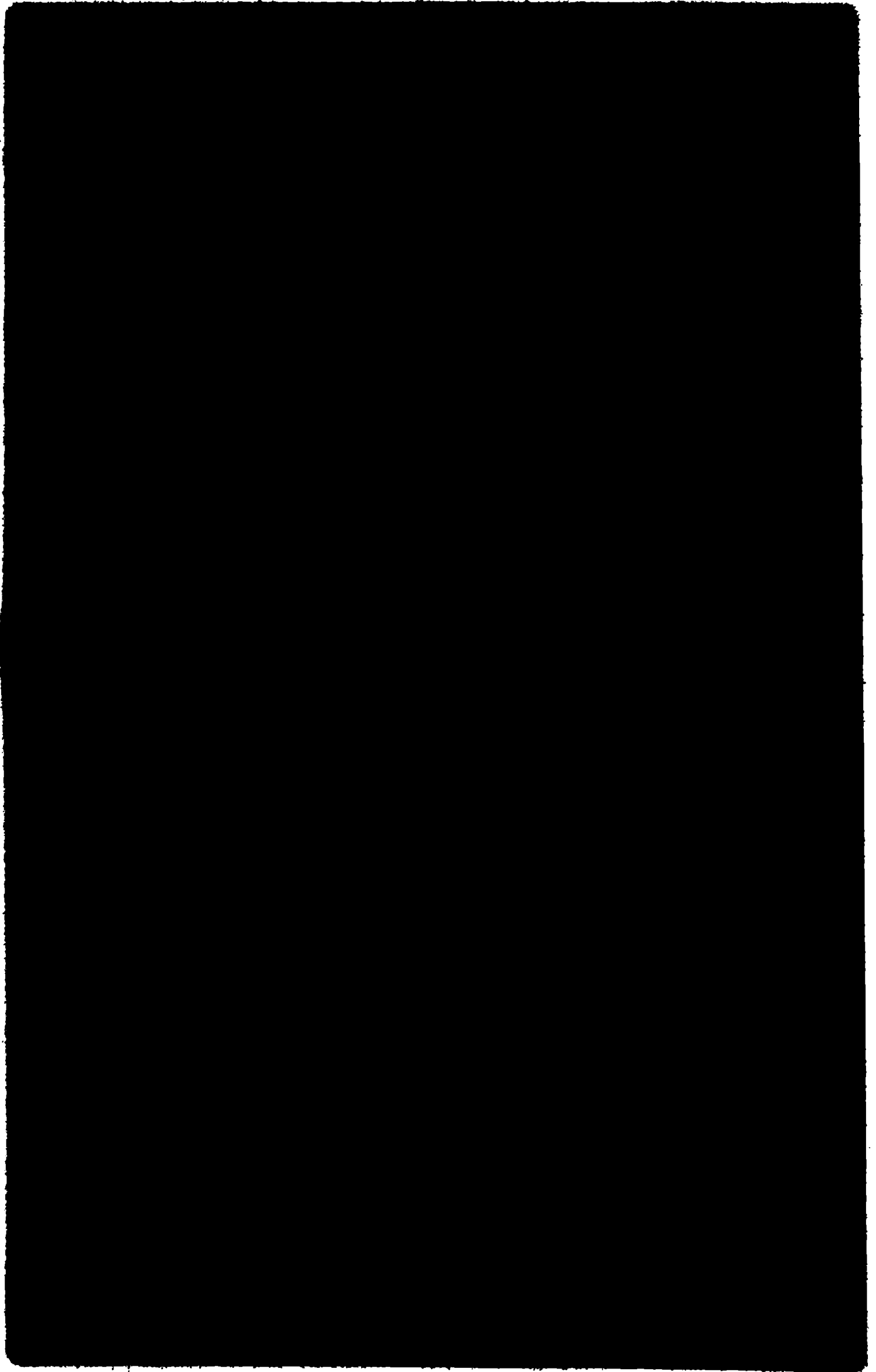
Paralelos

NICOLES

LÁMINA XI.



Cruzados

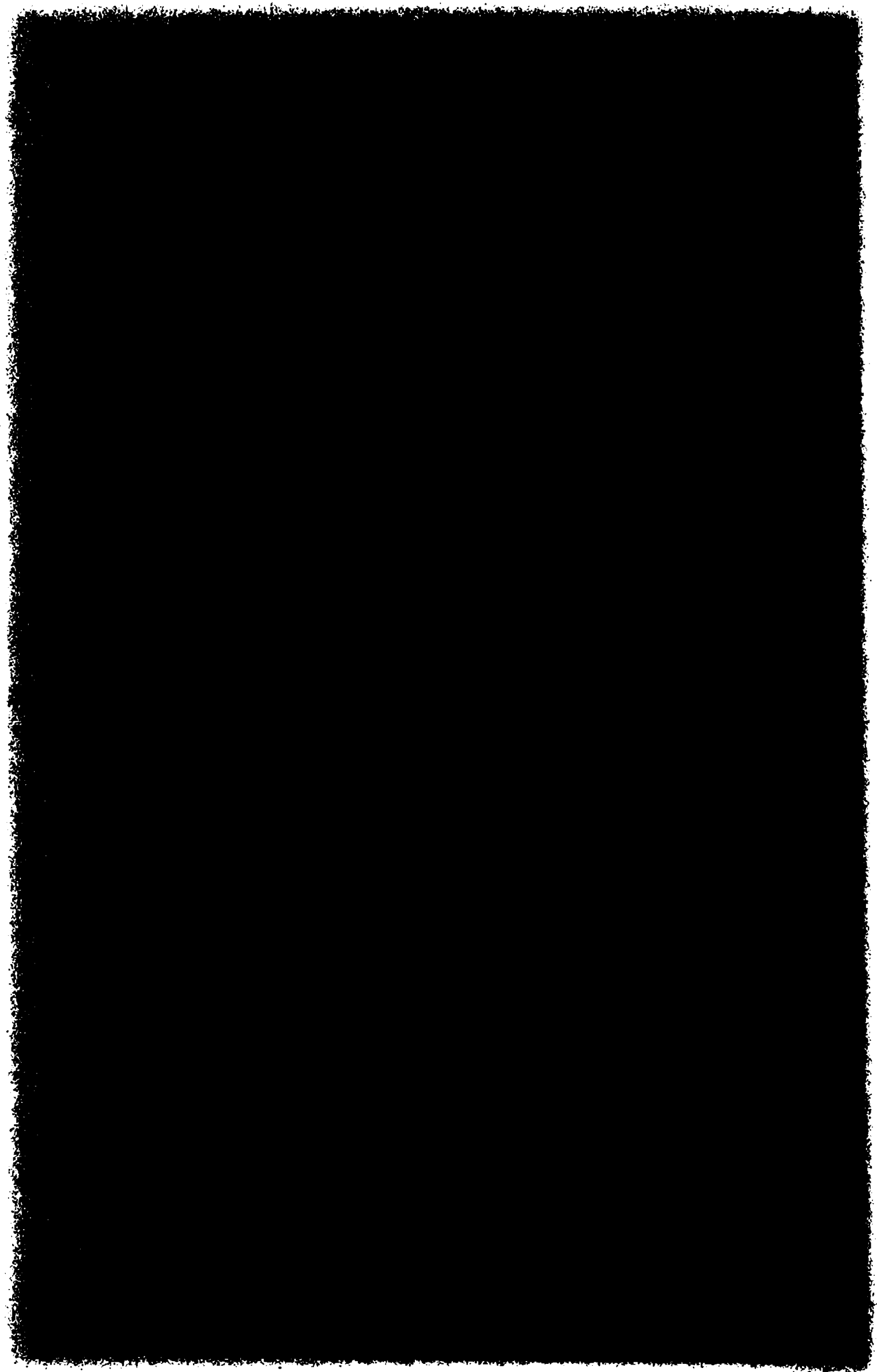


Por último en las arenas de Mar del Plata y del Río de la Plata (grupos 4.º y 7.º), se nota la diversidad de la naturaleza del grano, abundando muchas substancias extrañas al cuarzo, y que aparecen á veces ligeramente iluminadas debido probablemente, á la difracción de la luz que se refleja en sus bordes.

En lo que queda dicho, queremos dejar constancia que no se consideran todos los granos, por el hecho de dejar pasar la luz á nicoles cruzados y presentarse transparentes, constituidos por cuarzo, aunque por los diversos ensayos que hemos hecho, siempre lo han comprobado; también pueden ser de otras substancias que tengan la misma propiedad. Solo que habiendo demostrado el análisis químico la pureza de estas arenas, y por lo tanto la proporción de otras substancias (era pequeña), debe admitirse que la mayoría de los granos que dejaban pasar la luz á nicoles cruzados, es cuarzo.

Se puede deducir entonces á nuestro juicio, que aplicando este método de observación para las arenas en general, pueden darnos preciosas indicaciones en el conocimiento de su grado de riqueza en cuarzo; pero restringiendo este criterio, para completarlo con el análisis químico, sin perjuicio de ser un método rápido.





## CONCLUSIONES

---

Del resultado de los análisis efectuados en el estudio precedente, y de las consideraciones establecidas en el examen microscópico y estudio microfotográfico, podemos deducir las conclusiones siguientes:

Por la naturaleza geológica de nuestro suelo y la diversidad de composición de las rocas, es difícil encontrar depósitos de arenas en condiciones de ser explotadas, en las regiones cercanas á la parte montañosa de la República.

---

Las arenas que podrían emplearse, tienen que ser buscadas en las regiones del litoral, donde las acciones de los agentes externos y sobre todo de las aguas, influyen para eliminarles sus impurezas.

---

Es posible substituir las arenas extranjeras, actualmente usadas en la fabricación de vidrios en nuestro país, por las argentinas.

---

De las arenas analizadas, las que mejor responden para la obtención de vidrios incoloros son: las de Diamante, Arroyo Molino (Concepción del Uruguay), Concordia, Bajada Grande (Paraná) y Corrientes, que sometidas á un lavaje previo con ácido clorhídrico diluido, podrían competir con las mejores extranjeras.

---

La existencia del óxido de titanio en todas nuestras arenas y en proporción relativamente alta, hace innecesario en la mayoría de los casos, la agregación de ciertos descolorantes.

---

Las llamadas arenas del Río de la Plata, Saladillo (Provincia de Buenos Aires) y Mar del Plata, á pesar de tener los caracteres físicos semejantes á los de las arenas propiamente dichas, presentan una composición química que las acerca mas bien á las arcillas.

---

Las arenas anteriores pueden utilizarse para la fabricación de vidrios impuros, entre otras causas, por contener una proporción alta de alúmina, la cual impide ó retarda la devitrificación.

LUIS GRIANTA.

Buenos Aires, Noviembre de 1911.

---

Buenos Aires, Noviembre 4 de 1911.

Pase á la Comisión Examinadora N.º 24 para que se sirva estudiar la presente tesis.

JUAN F. SARHY.

Decano.

*Pedro J. Coni.*

Secretario.

---

En la ciudad de Buenos Aires, á los diez días del mes de Noviembre del año mil novecientos once, la Comisión Examinadora respectiva procedió á examinar la tesis presentada por el ex-alumno Luis Grianta, para optar al grado de Doctor en Química y resolvió aceptarla.

*Eduardo L. Holmberg, Atilio A. Bado,  
E. Herrero Ducloux, Julio J. Gatti, Gui-  
llermo F. Schaefer, Cristóbal M. Hicken,  
Victor J. Bernaola.*

---

