

QUE LE DEBE LA HUMANIDAD A LA ARCILLA

Dr. Ing. L. TCHEICHVILI
Jefe del Departamento de Silicatos,
CIIM-INTI, Buenos Aires.

Si el planteo de este interrogante es fácil, la respuesta sobre el mismo es sumamente difícil y complicada. Recorriendo la historia de la humanidad desde el principio hasta hoy, uno llega finalmente a contestar: "todo". Todo lo logrado por la humanidad y todo lo que posee, se le puede atribuir directa o indirectamente, a este modesto producto de la naturaleza que comunmente denominamos "arcilla".

En el presente artículo se intenta en muy breves palabras perfilar el inmenso e incalculable servicio que desempeñó este material para la humanidad y el rol que cumplió en la vida orgánica, rol tan amplio y diverso como la vida misma.

La unión íntima y latente, entre el alma y espíritu del hombre y la "madre" tierra a lo largo de su existencia, es muy particular y fascinante, como nos lo transmiten La Biblia y las leyendas de tiempos remotos.

Así leemos en el libro del Génesis de Moisés, Cap. 2 versículo 7: "Entonces formó Yahveh Dios al hombre (Adán) del polvo del suelo (Adaná) e, insuflando en su nariz aliento vital, quedó constituido el hombre como ser vivo". Realmente, un elogio máximo a la tierra, es decir a la arcilla. En relación a esta cita bíblica, es sumamente interesante mencionar la narración de una anciana esquimal⁽¹⁾: "En aquel largo, largo tiempo atrás, cuando la tierra se formó vinieron los hombres. Se cuenta que los hombres irrumpieron desde la tierra. Ellos la invadieron como chicos revoltosos. Recibían de la tierra su alimento y así crecieron hasta convertirse en hombres, en aquel tiempo largo atrás, cuando se hicieron los hombres. . .".

Con relación a lo mencionado anteriormente, es informativo citar la expresión "Madre-Tierra", la misma en Georgia (Caúcasos) siempre se utiliza cuando se refiere a nuestro Planeta. Así, allá no se dice, por ejemplo: sobre la, en la, o debajo de la Tierra, sino que siempre se utiliza la expresión Madre-Tierra. La palabra Madre-Tierra es sinónimo de la fuerza superior que dió la vida y que aún la mantiene, es decir Madre de la vida orgánica en su totalidad, creadora y conservadora.

Con lo dicho, se quiere subrayar que la vida orgánica sobre la Tierra se inició y desarrolló gracias a la tierra, mejor dicho a la arcilla; sea ésta en forma estática como la flora o en forma dinámica, como la fauna. Cuando nos referimos a la tierra, pensamos sobre un material que fué formado a través de los agentes erosivos de la naturaleza, que transformaron la capa monolítica de nuestro Planeta durante los tiempos geológicos en un polvo fino. Este material que cubrió la superficie terrestre durante el tiempo transcurrido, es entonces nada más que un conglomerado compuesto por varios tipos de rocas que contiene en notable cantidad materiales arcillosos de carácter peculiar.

Según la roca madre y las condiciones reinantes se formó una serie de minerales arcillosos, perteneciendo a una fa-

milia común con características físico-químicas particulares. Todos estos minerales de estructura cristalina en forma de capas y partículas con alto grado de fineza, ofrecen una superficie específica muy alta y a su vez tienen una capacidad elevada de absorción de los iones vitales. Sin estos iones hubiera sido imposible la conservación y el posterior desarrollo de la vida orgánica en forma directa (flora) e indirecta (fauna). Gracias al poder de las plantas de recibir a través de sus raíces estos iones vitales fácilmente extraíbles de los minerales, especialmente de las arcillas illíticas y montmorilloníticas, fué asegurada la existencia de la vida orgánica. Así reciben las plantas a través de las arcillas illíticas los iones de K⁽²⁾, importantes para su desarrollo, mientras que las arcillas montmorilloníticas las abastecen de iones de valencias altas no menos importantes tanto para la flora como para la fauna.

Sin las características de las arcilla arriba mencionadas, es muy difícil pensar que el ión Mg, tan imprescindible para la formación de la clorofila, podría ser extraído por una planta, por ejemplo, directamente a través de una roca magnésica. Así también, por intermedio de las plantas recibe el mundo animal sus elementos vitales, entre otros el ión Fe para la síntesis de la hemoglobina, componente principal de su líquido vital, la sangre. Resumiendo, se evidencia el rol decisivo de la arcilla en la existencia y desarrollo de la vida orgánica. Debe aclararse que, bajo la palabra "arcilla" se entiende en forma integral todos los tipos de materiales arcillosos que constituyen la capa superior terrestre.

Los experimentos de los últimos tiempos nos permite plantear una hipótesis donde la arcilla juega un papel todavía más importante, es decir, su participación en el misterio de la creación de la vida misma. Si un día la ciencia descubriera o afirmara este rol asombroso y fantástico de la arcilla, las leyendas de los tiempos remotos pasarían a ser una realidad.

Esta suposición no está tan lejos de la verdad, teniendo en cuenta la existencia de las moléculas biogénicas en el universo y la capacidad catalítica de la arcilla. Es conocida^(2,3) la presencia de moléculas como : H₂, H₂O, NH₃, CH₄, O₂, CO, CO₂, HCHO y otras, en las atmósferas de los planetas del sistema solar, como así también en el universo infinito. También se detectaron en los meteoritos dichas moléculas, y aún con estructuras más complicadas como son los hidratos de carbono y aminoácidos.

Un hecho que afirmaría lo antes mencionado es que los científicos pudieron sintetizar a través de las moléculas arriba citadas, otras más complicadas y grandes, por intermedio de la acción catalítica de las arcillas. Además, se conoce desde hace tiempo que la arcilla, debido a su alta superficie específica y a los iones intercambiables que posee,

es un buen catalizador, y también ha sido aplicada en la práctica (3,4,5,6,7).

Los experimentos de S. Miller (8) documentaron que a través de los elementos simples como son: H_2 , H_2O , NH_3 , CH_4 , componentes de la atmósfera terrestre del tiempo remoto, se pudo sintetizar, por intermedio de descargas eléctricas o/y por la radiación ultravioleta, grandes moléculas de importancia vital, las que resultarían a su vez imprescindibles para los hidratos de carbono y proteínas. Así se obtuvieron, a través de descargas eléctricas a $70-80^{\circ}C$ durante una semana una serie de aminoácidos como son: alanina, glicina, aminoácido butírico e isobutírico, y también ácidos acético, láctico y fórmico. S. Akabory (9) demostró que por intermedio del caolín como catalizador se pueden obtener a través de aminoácidos, las proteínas. Así también, A. Weiss (10) utilizó minerales montmorilloníticos con los iones H intercambiables, como catalizadores en las reacciones sobre proteínas. A. Gajokidse (11) sintetizó recientemente, por intermedio de arcillas bentoníticas como catalizador, disacáridos, hidratos de carbono muy importantes en el proceso de la vida humana. A través de las recientes investigaciones de F. Freund y colaboradores (12,13,14,15,16,17), se abre una nueva perspectiva sobre la formación de los elementos biogénicos y con esto sobre la iniciación de la vida misma. Los investigadores han demostrado la presencia del carbono atómico en rocas como olivina, forsterita y basalto, como así también en los monocristales de MgO y otros óxidos de elementos bivalentes. Ellos han revelado también algo más importante que el carbono atómico, que se encuentra hasta 300 Kms de profundidad de la corteza terrestre, posee la característica de combinarse químicamente en la atmósfera libre de oxígeno, con el oxígeno de la red estructural, formando CO_2 y con oxhidrilo proveniente también de la red cristalina dando hidratos de carbono. En base a esta observación los autores suponen que los elementos que originaron la vida orgánica comenzaron a formarse cuando las rocas eruptivas todavía se encontraban a altas temperaturas. Esta suposición se apoya en los experimentos que verificaron que las rocas olivínicas y basálticas desprenden a las temperaturas de $400-1000^{\circ}C$ del $1-2\text{ mg/g}$ de CO_2 y $25-100\text{ }\mu\text{g/g}$ de hidratos de carbonos. Esto originaría en escala geológica un desprendimiento de $2 \cdot 10^9\text{ m}^3$ de CO_2 y $2 \cdot 10^8\text{ m}^3$ de hidratos de carbono por kilómetro cúbico de roca en la atmósfera terrestre libre de oxígeno. Por eso los autores suponen que la atmósfera terrestre en la época precámbrica, contenía una muy elevada concentración de los compuestos orgánicos de gran complejidad química, generados a través de los elementos inorgánicos (abióticos).

Los resultados de estas investigaciones científicas nos interesan en tanto y cuanto en dichos experimentos participe la arcilla desempeñando, eventualmente, un papel decisivo. Esta suposición, que no carece de total realidad, podría ser la llave que un día aclare el misterio más profundo, el de la vida.

Para conocer el misterio de la iniciación de la vida orgánica, el hombre está todavía muy lejos, y posiblemente, éste quede para siempre en la oscuridad. Cuando el hombre pensador no logra descifrar los más profundos problemas, enigmáticos, como la creación de la vida, trata de resolverlos a través de una fuerza superior. Así, él puso la tierra en las manos de Dios para que creara al hombre. "Resolviendo" de tal modo este profundo secreto de la naturaleza, elevando la humanidad, a esta sustancia vital, a su apoteosis.

Es primordial saber cómo están relacionados la aparición de la vida orgánica y la formación de los minerales arcillosos. Si recorremos el ciclo de la vida hacia su origen, tene-

mos: fauna, flora y minerales (arcillosos). Si consideramos que esta suposición es verdadera, es lógico concluir que la fauna no pudo existir sin la flora y ésta última sin los minerales arcillosos. La existencia de la vegetación depende absolutamente de las sales vitales, que obtienen a través de los materiales arcillosos, gracias a la capacidad de intercambio catiónico de los mismos, como ya se ha dicho. Se puede concluir que la primera etapa de este ciclo habría sido la formación de estos minerales.

La época arcaica o azoica (sin vida) es de gran interés, porque esta época incluye la más antigua historia de la Tierra, es decir, desde la formación de la capa sólida con aluminosilicatos como granito, gneis, sienita, serpentina y otros, hasta el proceso de la meteorización de dichas rocas. En la época posterior ezoica, cuando la superficie de la Tierra todavía no estaba protegida por la vegetación, reinaba un proceso de erosión muy activo. De esta época datan nuestros minerales arcillosos, los que obviamente fueron el resultado de la erosión de las rocas mencionadas. Es interesante mencionar que se han encontrado fósiles de esta época, de la flora y de la fauna, abundantes y en su forma más primitiva (18).

Hasta aquí, hemos tocado someramente el rol problemático pero posible de la arcilla en la creación de la vida y su participación segura en la conservación y desarrollo de la misma, una vez creada.

Ahora intentaremos perfilar, muy brevemente, el papel desempeñado por la arcilla en la vida del animal más desarrollado tanto física como mentalmente, el hombre. Si esta especie, posteriormente se separó del reino animal y se elevó a una más potente, lo logró gracias a la arcilla, como lo veremos más adelante.

El hombre primitivo, gracias a su constitución anatómica peculiar, sufrió una transformación única e incomparable en su ser y en su vida, dentro del mundo animal.

Así, si el hombre no hubiera podido moverse y actuar con su cuerpo en forma erecta, y no hubiera tenido el pulgar móvil en todas direcciones, no ocuparía el lugar reinante que actualmente tiene dentro del mundo animal, a pesar de su cerebro superdesarrollado. Durante miles de siglos, el hombre llegó a poseer un cerebro con un nivel de desarrollo fantástico, debido a que logró la capacidad, no sólo de observar lo vivido, sino de reflexionar críticamente y efectuar lo que más le convenía. A pesar de que el hombre se encontraba dentro de los animales agresivos, y era considerado uno de los más débiles, logró gracias a los atributos físicos y mentales arriba mencionados, salvarse y llegar hasta hoy triunfante en esta lucha por la existencia y elevarse por encima de la Tierra y del reino animal como "Rey".

Durante su existencia el hombre ha descubierto e inventado mucho, estos descubrimientos e inventos constituyen los hitos de las etapas de su vida. Así descubrió la dureza de una piedra, observó el efecto de un brazo y combinando los dos elementos, creó un arma de ataque y defensa, la más potente hasta entonces conocida. Descubrió el fuego y su característica asombrosa e inventó el método de producirlo y dominarlo; él descubrió la fuerza de una cuerda estirada e inventó un arma peligrosísima a distancia, etc.

El hombre así entrenado en su pensamiento y modo de actuar, hizo un nuevo descubrimiento de extraordinaria importancia, que influiría en su vida futura definitivamente. Esto era el descubrimiento de la arcilla, que a pesar de que lo acompañara durante toda su existencia, fué ignorada por él hasta esos días. Pero un día decisivo sucedió que un hombre "X" tomó en su mano un pedazo de este material, quizás para pasar el tiempo. Quién fue, dónde y cuándo no

tiene importancia. Lo importante es que no fué un acto colectivo, sino fue un hombre cualquiera; de la misma manera no se puede asumir que los famosos dibujos de la cueva de Altamira han sido un acto colectivo. Observando estas figuras con su dinamismo y realismo, uno siente el don de la naturaleza en aquel hombre, de mano sumamente ágil y segura. No debemos olvidar que, dentro de los seres humanos, desde sus orígenes, existieron diferencias físicas y mentales. Y fué así que aquel hombre en aquel día indeterminado inició la primera industria de la humanidad, que se denominó posteriormente "Cerámica".

Es fácil pensar que los hombres en la época prehistórica hayan observado muy a menudo el ablandamiento de la tierra durante los días lluviosos y la acumulación del agua en las huellas y hendiduras del terreno, pero este hecho fue ignorado por largo, largo tiempo. El hombre que dió la primera voz de atención frente a este hecho, realizó un incomparable avance para el futuro de la humanidad. Este avance con su más amplia consecuencia no pudo ser superado ni aún por el descubrimiento de los metales. Sólo desde el punto de vista de las reservas existentes en nuestros días, podemos decir que las metálicas son agotables, en tanto que los minerales arcillosos pueden servir a la humanidad hasta el fin de su existencia, por ser ilimitados.

No es difícil imaginarse cómo el hombre "X" en aquella oportunidad, como hemos dicho, tomó un trozo de arcilla húmeda en su mano, suponemos para divertirse y empezó a "jugar" dándole distintas formas con sus dedos, como hacen hoy los chicos del campo. Durante este acto fijó dos observaciones decisivas, una de ellas que la tierra admite diversas formas a través del manipuleo y otra, es que una vez obtenida dicha forma se mantiene después de ser secada; sin saberlo en ese momento descubrió una de las más importantes características de la arcilla denominada hoy "trabajabilidad" o "plasticidad".

Al mismo tiempo, el hombre observó que las hendiduras provocadas por el pie de un animal o de él mismo, mantenían el agua de lluvia durante un tiempo sin desaparecer. Hasta que el hombre pudo evaluar estas observaciones pasó presumiblemente largo tiempo, quizás siglos si no milenios, pero finalmente sucedió. Un día trató de formar con su mano algo parecido a aquellas huellas, trató de hacer un recipiente a través de la arcilla. Este primer recipiente, muy rudimentario, hecho sobre la palma con el pulgar, mantuvo el agua durante un tiempo para su gran satisfacción, pero luego se ablandó, se deformó y se deshizo.

El hombre con este fracaso no se desanimó; y con la persistencia, características de su naturaleza, siguió el camino que había tomado. Gracias a sus observaciones de que la tierra blanda se transforma en un elemento duro al secarse, expuso su "recipiente" ahora al sol. Podemos suponer que el recipiente, según la característica de la arcilla utilizada, para alegría del hombre mantuvo su forma o lamentablemente se fisuró y fracturó por su exposición al sol. Finalmente, un día el hombre pudo ir al río y llenar su recipiente, endurecido al sol, con agua. El fracaso fué total y aparentemente definitivo. Con esto él abandonó posiblemente por un tiempo la idea de formar los recipientes para el agua con este material "raro", hasta que un día descubrió el proceso de cocción, pero seguro siguió la confección de los mismos en crudo para guardar alimento. En este período el hombre acumuló gran experiencia en la selección de la materia prima y en el método de elaboración, como así también en la técnica de la confección de las distintas formas de recipientes, además quizás, intentó aplicar en esta época ya la primera decoración muy rudimentaria, sólo puntos y rayas marca-

dos con madera o dedos. En esta oportunidad quisiéramos comentar, que las huellas de dedos encontradas sobre los objetos cerámicos en distintos lugares, pertenecen a manos de mujeres; este hecho afirma que la elaboración de las vasijas en aquella época, era realizada por ellas.

Como la historia de la tecnología de la cerámica lo demuestra, el hombre dominaba el arte de la confección de vasijas y estatuillas perfectamente ya desde 7000 años a. C. (19). Después de la invención del torno alfarero se alcanzó la perfección tanto en la modelación de las formas, como en la terminación de la superficie del objeto y además se logró reducir el espesor del mismo a unos pocos milímetros. El primer documento sobre el torno de alfarería se encontró en Egipto y data de la V^o Dinastía (alrededor de 2500 años a.C.). Pero existen suficientes documentos como para suponer que dicho torno debía conocerse y utilizarse en la práctica mucho antes, alrededor de 3500 años a.C. Muchos objetos cerámicos pertenecientes a esta época muestran sobre sus superficies hendiduras concéntricas en forma espiral, que nos permiten deducir que los mismos han sido confeccionados sobre un cuerpo rotativo (20).

El período de la cerámica cruda duró hasta que el hombre llegó al conocimiento de la técnica de cocción. A través de esta técnica logró, finalmente, no sólo la tan deseada resistencia mecánica de su vasija sino además pudo mantener dentro de ella el agua durante largo tiempo. Esta técnica además le permitió confeccionar recipientes grandes y de formas diversas.

Los primeros recipientes cocidos de la época más remota, realizados a muy bajas temperaturas, demuestran que el hombre debía tener ya bastante experiencia en el campo de la cerámica. ¿Cuándo el hombre tomó en sus manos la primera vasija calcinada?. Este interrogante quedará sin respuesta. Los objetos actualmente descubiertos son el único testimonio de que el proceso de cocción pudo tener su comienzo mucho antes de lo que nosotros pensamos. Cuando el hombre puso su primer pote en el fuego, nunca lo sabremos, como hemos dicho, porque los documentos materiales del primer intento no pudieron llegar hasta nuestros días, debido a la muy baja temperatura de cocción empleada, que se supone no era mayor de 500°C. Un cuerpo cerámico calcinado a tan bajas temperaturas no podría resistir la acción de los agentes atmosféricos y el tiempo.

Las investigaciones efectuadas sobre cuerpos cerámicos de la antigüedad permiten establecer que los primeros ejemplares, como hemos dicho, pertenecen al séptimo milenio a. C. Las temperaturas máximas de cocción de estos ejemplares no superaron los 600°C (21). Según otros documentos arqueológicos los primeros intentos de cocción a llama abierta fueron realizados antes de 6000 años a.C., en la isla de Chipre. Estos aparentemente fracasaron, pero los objetos calcinados lentamente a llama abierta, cubiertos con tierra o abono, permitieron al hombre lograr al fin lo que deseaba. Este método, todavía hoy, se utiliza entre los pueblos primitivos. Los hornos antiguos, de forma vertical, descubiertos en la Mesopotamia y en Persia 4000 años a.C., presentaban ya las cámaras de cocción y de combustión separadas. Esto fué un gran avance en comparación a los hornos a llama abierta de forma muy primitiva. A este período pertenecen los objetos cerámicos más finos, del período de Halaf, 5000-4000 años a.C.

Con la existencia de los hornos cerámicos de la construcción avanzada en el cuarto milenio a.C. se afirma la historia de la cerámica negra, obtenida a través del carbono. La producción de este tipo de cerámica coincide, como se sabe, con el desarrollo de los hornos cerámicos (22). Con esto se

inició, en forma definitiva, la primera industria (quizás la última ?) de la humanidad, la que posterior e inesperadamente se amplió en magnitud y diversidad, tomando un rol dominante en la vida humana.

Es oportuno transmitir nuestra opinión de cómo pudo llegar el hombre prehistórico a la técnica de transformar su vasija tan frágil de barro en un producto "indestructible", a través del fuego. En general, muchas de las cosas logradas por el hombre, ya sea por descubrimiento o invento, se atribuyen a una casualidad o al miedo que sintió el hombre frente a una fuerza metafísica superior. No olvidemos que el hombre prehistórico aunque con bajo grado de inteligencia, seguro poseía el don de observar, concluir y efectuar, y más aún no debemos olvidar el factor tiempo, que en aquella época no era tan precioso. El camino de la evolución de la vida del hombre demuestra que, a través de la observación, él trató de aprovechar todos los fenómenos de la naturaleza para su bien. Por eso es evidente, que la vasija no ha sido puesta por casualidad en el fuego o el fuego tocó por casualidad la vasija que estaba cerca de él, sino gracias a la observación consecuente del hombre, fué puesta por él en el fuego.

Si el hombre paleolítico, de la época Magdalénica (2000 años atrás), pudo realizar dibujos en colores de un biston o otro animal, con gran realismo, aún hoy no superado, con sus diversos movimientos y sorprendente dinamismo, sobre las paredes de las cuevas oscuras de Altamira y Combarelles, con herramientas primitivas y el mismo hombre 6000 años a.C. logró realizar productos de cerámica negra con tres distintos métodos de calidad extraordinaria (23,24), ¿por qué no podemos atribuir al mismo hombre la capacidad de actuar con prudencia en la utilización del fuego?. El hombre tuvo muchas oportunidades, a lo largo de su vida, de estar sentado cerca del fuego y sentir el placer del calor en los tiempos fríos. Es fácil imaginarse que él, para pasar el tiempo o arreglar el fuego metía una rama en el mismo; seguramente no escapó a su mente que la tierra debajo de él estaba mucho más dura y presentaba un color diferente a lo que comúnmente observaba. Esto mismo pudo constatar cuando apagaba el fuego, y limpiaba el lugar antes de encenderlo nuevamente. Dicha observación era suficiente para impulsarlo a colocar su vasija cruda en el fuego. Finalmente, el hombre tuvo la llave para descubrir el enigma que durante siglos, si no milenios, lo persiguiera. Así fue cómo el hombre logró modelar su primera vasija cruda en forma rudimentaria, de la misma forma se concibió el primer acto de cocción no por casualidad, sino por fruto de la observación y meditación.

A pesar de que Egipto y/o Mesopotamia están considerados como los países clásicos de la cerámica, donde se hallaron los más antiguos objetos de la actuación humana en este campo, es difícil suponer que la idea de aprovechamiento de la arcilla fuera transmitida desde este centro, radialmente a todas las partes del mundo. Al contrario, las excavaciones arqueológicas en todos los continentes han demostrado, que los objetos encontrados pertenecen a la misma época neolítica; lo que permite deducir, que el hombre se inclinó simultánea e independientemente, en el mundo entero, a explorar la arcilla para su bien. Es difícil entender de otra manera la divulgación, relativamente rápida, de esta actuación del hombre neolítico desde Egipto hasta el lejano Oriente o hasta las islas de Oceanía o hasta el continente americano aislado. Por otro lado sabemos también con qué rapidez puede ser transmitida una idea práctica y provechosa durante una guerra (aparentemente una actuación muy practicada por los seres humanos de todos los tiempos) como por

ejemplo, la divulgación rápida de la técnica de Terrasigillata por los Romanos en su Imperio o introducción de la técnica de fabricación de vidrio por el faraón Tutmosis III (1504-1450) desde la Mesopotamia en el siglo quince a.C.

Del mismo modo se logró el aprovechamiento de la arcilla en otro sector de la cerámica, precisamente, en el campo de la construcción, ocupando en la historia de la humanidad un papel mucho más importante que como utensilio doméstico.

El hombre prehistórico vivía como muchas especies de animales, en manadas y habitaba las cuevas provistas por la naturaleza. Por alguna causa, él estuvo obligado a abandonar su cueva y buscar una protección contra el frío, la lluvia y el viento; posiblemente, se le ocurrió tejer con ramas y pajas un albergue que le ofreciera protección frente a la intemperie y los animales. Posteriormente mejoró la técnica de construcción de su "habitat" cubriendo este enrejado con una capa de arcilla pastosa, que fue realmente un gran avance. Muy semejante a esta técnica fué la desarrollada por los hombres de la época de "Bandkeramik" en Europa 4500 años a.C., al construir sus refugios con doble tejido de mimbre rellenando el espacio entre ellos con arcilla y recubriendo la pared exterior con pasta del mismo material (24). Del mismo modo construyeron los babilonios (5000-3000 años a.C.) sus "casas" con cañas atadas y cubiertas con arcilla. Los mismos egipcios, posibles inventores del ladrillo, construían sus chozas en la época predinástica (5000-4000 años a.C.) con tejidos de juncos cubiertos con arcilla o con el lodo del Nilo, dándole forma de una colmena de abejas. Todavía en nuestro tiempo se encuentran albergues de los pueblos primitivos hechos con paja y lodo. En una época posterior fueron estos albergues reemplazados por una construcción de ladrillos crudos.

Los egipcios se consideran los inventores de esta importantísima innovación en la construcción. Ya en la época del "viejo reinado" (3^o-6^o Dinastía, 2980-2475 años a.C.) la producción de ladrillos subió enormemente. Este elemento de construcción fué confeccionado ya en esta época con moldes de madera, algunos de esos ejemplares se encuentran en el museo de El Cairo. Este incremento en la producción de los ladrillos en Egipto queda claro, si tenemos en cuenta que durante el período de la primera y segunda Dinastía las ciudades del país fueron cercadas con una muralla potente de ladrillo crudo, secados al sol. También en el período de la 3^a Dinastía se construyeron las casas de los ricos y hasta el palacio del rey con el mismo material, como así también las sepulturas de los reyes. Esto explica por qué sólo colinas de tierra quedaron en el lugar de estos monumentos (25). Los ladrillos secados al sol tuvieron una gran aplicación, no sólo en Egipto sino en la Mesopotamia grande, Asiria, Babilonia Caldea y en otros países del viejo mundo; como lo informan las ruinas y escrituras. Las importantes construcciones de aquella época fueron felizmente hechas en forma maciza, gracias a lo cual, las ruinas pudieron llegar hasta nuestros días, tales como: las mastabas, precursoras de las pirámides; la muralla de Babilonia, que poseía un espesor de varios metros; la torre bíblica de Babel, la mayor construcción hecha hasta entonces, el templo de Uruk edificado 4000 años a.C., una construcción como se calcula, consumió 30 millones de ladrillos, etc. (26).

Ya en la época neolítica, el ladrillo aún no calcinado inició triunfante un camino de larga historia. Proveniente de la Mesopotamia y a través de Grecia ingresó a los países europeos como un elemento de construcción muy apreciado. En Grecia se elevaron, al lado de importantes edificios de piedra, otros no menos importantes de ladrillos, como el tem-

plo de Demeter en Arcadia, las sepulturas de grandes personalidades griegas, etc.

El ladrillo ocupó un lugar decisivo en la construcción civil, pero jugó también un rol importantísimo tanto en la defensa de los países como en las fortificaciones de las ciudades. Podemos mencionar paralelamente la fabulosa muralla de Babilonia, el palacio de Semiramis, el que fué cercado con tres potentes murallas dispuestas concéntricamente, construídas al igual que el palacio con ladrillos secos. Es notable subrayar que los arqueólogos descubrieron sólo en el territorio de Grecia, una cantidad notable de fortificaciones de ciudades realizadas con ladrillos secos.

Se desconoce dónde y cuándo se realizó la primera cocción de ladrillo, como también el comienzo de la alfarería. Es muy posible que después de haber observado la acción del fuego sobre los productos de arcilla, cuando el hombre inventó el ladrillo, simultáneamente comenzó a calcinarlo, ya que conocía el proceso y el material en sí, que utilizaba en la alfarería.

En la enciclopedia de Collier⁽²⁴⁾ se lee que los egipcios, caldeos y babilónicos conocían el ladrillo calcinado posiblemente antes de 8000 años a.C., dato que nos proporciona otra perspectiva sobre la iniciación de la cocción. Los egipcios durante la primera Dinastía (400-3500 años a.C.) usaban ladrillos cuneiformes, supuestamente calcinados, para las construcciones de bóvedas. Los arqueólogos descubrieron ladrillos y fragmentos de estos calcinados en la Mesopotamia que datan de 4000 años a.C.; en Uruc⁽²⁰⁾ se producían ladrillos crudos y calcinados en una magnitud aparentemente asombrosa, como lo demuestra en la muralla de la ciudad de 9,5 Km de extensión con sus 900 torres de defensa. Una producción de ladrillo de tal magnitud no sólo tenía lugar en la Mesopotamia y en Egipto en aquella época, sino también en otras partes del mundo, como por ejemplo la que se encuentra en Pundshab, en India, una muralla de 8 metros de altura de 2500 años a.C.⁽²⁶⁾

A pesar de la producción de ladrillos en gran escala, hubo aparentemente ciertas dificultades en la cocción, por lo que era usual la aplicación combinada, de ladrillos crudos y calcinados en las construcciones, como lo documentan las excavaciones. Las ruinas demuestran que las paredes interiores generalmente eran construídas con ladrillos crudos, mientras que las exteriores y los pisos se construían con material calcinado. De esta manera economizaban el valioso material calcinado sin perjudicar la construcción en especial contra la intemperie y las inundaciones. Lamentablemente, debido a este modo de edificación, el mundo posterior no tiene conocimiento de la distribución interna y de las entradas de luz de los edificios, hasta la época de Hamurabi (2000 años a.C.).

En los estados civilizados del mundo antiguo los edificios monumentales se construyeron, sin excepción, con bloques de piedras, bajo condiciones inhumanas, sacrificando valores vitales y tiempo, con un resultado accesible sólo para las sectas reinantes y pudientes. El invento del ladrillo cambió en corto tiempo fundamentalmente, el aspecto de las ciudades y el modo de vida.

Mucho más tarde el hombre inventó la teja, un elemento de construcción no menos importante que el ladrillo. La teja se conoció en Grecia algunos siglos antes de nuestra era. Los talleres de Grecia inundaron en corto tiempo prácticamente el mundo entero con las producciones de este elemento tan buscado. La técnica de la fabricación de tejas la conocían también los etruscos y eran capaces, ya en el siglo 7^o a.C. de fabricarlas con perfiles complicados⁽²⁷⁾. Por tal motivo el ladrillo y posteriormente la teja, tomaron un rol

dominante como elemento de la construcción desde la época neolítica hasta hoy.

En esta muy breve reseña sobre los elementos de construcción se debe subrayar, una vez más, el rol histórico de la arcilla que modificó la vida de la humanidad. Y si hoy los edificios modernos de cualquier tipo y dimensión se elevan con su esqueleto de acero y hormigón, la arcilla está siempre presente de una u otra forma. Así, la arcilla expandida en la mezcla de hormigón ocupa un rol cada vez más importante en el mundo entero, reemplazando el pedregal. Finalmente no olvidemos que los millones de toneladas diarias de cemento producido en el mundo, contienen como componente mayor la arcilla. Este material de construcción es hoy absolutamente indispensable en la vida humana por la amplia diversidad de su uso. Su ausencia es inimaginable: Todo lo que se construye en todas partes del mundo sobre o por debajo de la tierra o del agua, como son edificios de todo tipo, canales y canalizaciones, diques, puentes, túneles, subterráneos, usinas energéticas etc., etc., es solamente factible gracias al cemento y este último depende de la existencia de la arcilla.

En pocas palabras: la arcilla nos dió el pan diario y el albergue, nos suministró elementos de construcción de valor inestimable; gracias a ella se elevaron nuestras ciudades y pueblos con su vida estatal organizada; la arcilla nos abasteció desde la época prehistórica con miles de distintos artículos para el hogar y para uso técnico; la arcilla nos ofreció tantas comodidades, que el hombre de hoy no puede imaginar su existencia sin ellos. La arcilla transformó al hombre paleolítico, en forma absoluta en el hombre del siglo XX. Lo único que no pudo transformar es su alma y modo de actuar aún primitiva. La vida cotidiana revela claramente, que según las condiciones en que se encuentre, el hombre del siglo XX se transforma inmediatamente en aquel hombre primitivo que vive en él y posiblemente siga viviendo hasta el fin de esta especie del reino animal. (Basta para ilustrar: El canibalismo del hombre "civilizado" del siglo XX y el caos mundial creado por él).

El rol de la arcilla, con lo arriba mencionado, no está de ningún modo exhausto. Gracias a la "eternidad", es decir, gracias a la característica físico-química de la arcilla calcinada, indestructible a la intemperie, llegaron a nosotros muchos documentos materiales que nos permiten formar un cuadro sobre nuestro pasado, el cual sin ellos se hubiera perdido inevitablemente. Entre los documentos materiales hasta hoy descubiertos, en forma de diversos tipos de manufacturas de arcilla calcinada ya sea en fragmentos o enteros, tenemos que atribuir el primer lugar a las tablillas con escrituras.

Cuando la vida organizada tomó otra forma y otra dimensión, cuando la distancia entre hombre y hombre, entre pueblo y pueblo creció sensiblemente la comunicación entre ellos fué cada vez más difícil. Este problema lo resolvió otra vez la arcilla. A un genio "X", observando las decoraciones primitivas grabadas sobre las vasijas crudas y posteriormente calcinadas, se le ocurrió grabar los signos de la escritura sobre la misma vasija y calcinar. El inventor tenía suficiente imaginación y experiencia, de manera que reemplazó la vasija por una tabla de arcilla más práctica y apropiada. Así inició la primera "telecomunicación" o "correo" de la humanidad. Este invento se divulgó rápidamente entre los pueblos del mundo viejo. Los escritores grababan los textos sobre una plaqueta rectangular en estado plástico, la secaban y calcinaban. La "carta" se colocaba en un "sobre", que era nada más que una envoltura de la misma arcilla pero cruda y sellaban con el sello del expediente; los

ejemplares de éstos y otros tipos de sellos cilíndricos abundan en los museos del mundo. El destinatario "abría" la carta rompiendo fácilmente el sobre que guardaba los secretos familiares, comerciales o estatales. Los museos del mundo civilizado poseen grandes cantidades de estas placas con escrituras cuneiformes, inventada por los Sumerios en el 5^o milenio a.C., de valor inestimable. Miles de estas plaquetas nos transmitieron no sólo noticias sobre la vida familiar y comercial, sino también llegaron a nuestro conocimiento las relaciones entre los reinados, los acontecimientos con valor histórico, ritos religiosos, observaciones astronómicas, etc. Así llegaron, por ejemplo, a nosotros los primeros códigos civiles de la humanidad de Hamurabi; así también tuvimos conocimiento sobre los primeros métodos del arte de la fabricación de vidrio en Asiria, etc., que fueron encontrados en la biblioteca del Rey Sardanapal. Consisten en una receta secreta, en la misma escritura, sobre esmaltes con cobre, encontrada en la Mesopotamia.

En general, los documentos de valor y de importancia histórica se guardaban en los archivos y bibliotecas. Es por esta causa que los arqueólogos a veces encuentran grandes colecciones de estos documentos. Así se encontró en Nínive en el archivo del rey Asurbanipal veintidos mil plaquetas inscriptas en ambos lados. Esta inmensa cantidad de plaquetas acumuladas, nos transmiten más o menos un cuadro continuo sobre la vida de los pueblos y estados que desaparecieron para siempre del mapa histórico. No sólo las "Cartas" sino también los ladrillos mismos nos cuentan muchas cosas muy interesantes e importantes sobre el pasado y la propia historia, cuándo y bajo qué reinados fueron fabricados. Como ejemplo es suficiente citar la famosa torre de Ishtar con la conocida "calle de procesión" de Babilonia construídos con ladrillos esmaltados en azul y adornados con los relieves de animales en amarillo; cada ladrillo sobre su cara interior lleva estampado el signo del rey Nabucodonosor. De esta manera se conocen muchos nombres de artistas y talleres, y los lugares de producción de alfarería griega, tan pedidos y apreciados por todo el mundo, y que hoy día observándolos en los museos despiertan en nosotros gran admiración y satisfacción estética por sus formas, decoraciones y perfección.

La arcilla nos ofrece durante nuestra vida muchas comodidades e incontables cosas agradables, y nos acompaña también hasta nuestro último descanso. Durante milenios los recipientes de arcilla, es decir las urnas, fueron utilizadas para sepultar los restos humanos. Es posible que el hombre neolítico sabía o sentía o razonaba que la arcilla calcinada era un material indestructible por la intemperie y por la humedad y conservaría los restos de los seres amados durante la eternidad.

La idea de utilizar recipientes de arcilla cocida para este fin, nació aparentemente en distintos pueblos del mundo antiguo en forma independiente. Por eso se encuentran urnas aisladas o en grupos, en los continentes de Asia, Europa y América, de la época antigua. Los arqueólogos descubrieron en la ciudad Biblos (7000 años a.C.) un lugar con 2000 urnas de tipo ánfora que pertenecen a la época 3800-3200 años a.C., entre ellos algunos de tamaño superdimensional para toda una familia⁽²⁸⁾. Cabe mencionar debido a una causa emotiva, que en una de ellas se encontró el esqueleto de un hombre junto con el de su perro. Fué un símbolo de afecto y de fidelidad? Este hecho resulta hoy realmente envidiable, que los hombres de un tiempo tan remoto sabían apreciar tales sentimientos. Este ejemplo y muchos otros parecidos que nos conmueven, se encuentran mencionados en cartas que nos cuentan de las relaciones entre pa-

dres e hijos, entre amigos y enemigos, que el dolor y la alegría fueron los mismos que sentimos nosotros; agregamos: con la diferencia que la amistad entre los hombres con el tiempo se ha degradado cada vez más hasta perder su sentido profundo. Gracias a la arcilla llegó a nosotros todo este tipo de información.

En un tiempo posterior eran los etruscos grandes maestros en la confección de los sarcófagos de arcilla calcinada de grandes dimensiones, con ornamentos y figuras de las personas fallecidas en tamaño natural^(20,27). Esta técnica no era desconocida para los ceramistas de Chipre; también ellos eran maestros en la modelación de las figuras humanas de tamaño natural, como por ejemplo una de 1,87 m de altura perteneciente al siglo 7^o-6^o a.C.

Volviendo al tema de la cerámica de vajilla, se puede asumir que el avance en este campo fué evidentemente común para todos los pueblos del mundo antiguo. Para mejor ilustración es oportuno referir algunos documentos históricos: por ejemplo, en un pueblo del sur de Alemania se descubrió una cantidad abundante de vajillas de arcilla calcinada perteneciente a la época 4200 años a.C.⁽²⁹⁾, y en otro lugar del mismo país ejemplares de objetos de la época neolítica (4500 años a.C.)⁽³⁰⁾. Dos ánforas, de tamaño gigantesco, una de ellas con una altura mayor a 2 m y un diámetro máximo de 1,3 m, encontrados en Urtu fabricadas casi 3000 años atrás, demuestran un conocimiento profundo de la materia y una habilidad asombrosa para dominar una gran cantidad de masa para su moldeo, secado y cocción⁽³¹⁾. En Irán se descubrieron piezas cerámicas hechas 5000 años atrás, cuyas formas y terminación de las mismas son comparables con las piezas modernas; se trata de una taza y una jarra con asas, con una terminación admirable⁽³²⁾. Atención particular merece la cerámica del pueblo antiguo de Georgia (Cáucaso), cuya actividad en este campo data del 7^o milenio a.C.⁽³³⁾; la existencia de ejemplares cerámicos de todas las etapas de desarrollo ininterrumpido desde los comienzos de su historia hasta hoy, están documentados por los hallazgos arqueológicos. En esta ocasión, no es inoportuno mencionar que en dicho país está funcionando una fábrica de cerámica roja de recipientes grandes, tipo ánfora, fundada 5000 años atrás⁽³⁴⁾.

En una palabra, el hombre de la época neolítica logró llevar la primera industria creada por él a tal punto que ya en el 3^o milenio a.C. comercializaba en gran escala los productos cerámicos en todo el mundo.

Y ahora, cuando uno observa un florero griego de la época del florecimiento de la cerámica en Grecia (4^o-3^o siglo a.C.) y disfruta la armonía de su forma, la belleza de su decoración, la exquisitez y la perfección de su terminación, no debe olvidar que la misma arcilla con que fué creada esta magnífica obra, debió cumplir otro papel, algo más triste. Las leyes sociales que establecieron en el siglo 6^o a.C. en Grecia, el llamado "Ostracismo", condenaban a las personalidades del país por la sospecha de haber actuado en contra de su patria, desterrándolos. Los nombres de los "culpables" se escribían sobre un pedazo de cacharro para la votación. De esta manera, a través de innumerables fragmentos, llegaron hasta nosotros muchos de los nombres de grandes personalidades de la antigua Grecia expulsados por ingratitud a su patria. Basta mencionar un solo nombre, "Themistokles", el héroe de Salamis, el salvador de su patria contra la fuerza aplastante de los Persas, expulsado posteriormente, en el año 470, por su pueblo.

Entre los productos de arcilla realizados en los tiempos remotos, no se puede ignorar un documento material muy importante, desde el punto de vista histórico y ritual que

enriquece el conocimiento sobre nuestros antepasados; éstas son figuras de arcilla calcinada que se encuentran en las tumbas de todo el mundo. Como servidumbre, éstas acompañaban los restos humanos considerándose elementos indispensables en el mundo de los muertos. Especialmente, las tumbas de los Faraones presentaban una cantidad notable de estas figuras, para servir a su Rey, o a su espíritu "Ka", en el otro mundo. Lo interesante e importante de este hecho es que los egipcios, como maestros insuperables en sus ideas y realizaciones, nos transmitieron a través de estas figuras de arcilla, cómo vivían y actuaban cada uno de ellos en la realidad. Gracias a ellas tenemos un cuadro completo de la vida cotidiana de los egipcios. De tal modo sabemos por ejemplo, cómo un escribano oficiaba sentado, con las piernas recogidas con su papiro y su lápiz, o cómo los remeros dirigían el bote de su señor; podemos también observar las molineras de trigo, las panaderas y en general los distintos servidores en sus posiciones típicas; se ve un campesino arando su campo podemos dar un vistazo en los talleres de los alfareros, de los carpinteros, etc. A pesar de que todos ellos están "congelados" en sus posiciones y nos miran mudos, nos cuentan muchas, muchas cosas del tiempo y de la vida perdida. En las tumbas, al lado de estos documentos importantísimos, se encuentran los jarros y potes con restos de comidas y bebidas, los que como dice H. Jung (35): "... nos revelan los secretos de la cocina de los hombres neolíticos". Estos indicios de la comida en los recipientes de 5000 años a.C. despertaron un interés tan grande, que en los institutos de Arqueo-Química (creados especialmente para este fin) un grupo de investigadores están ocupados en leer a través de las micropruebas la "carta" o "menú" de los neolíticos. Hasta ahora se identificaron una serie de alimentos que contienen grasas y aceites, como así también están presentes restos de frutas y verduras y otros compuestos orgánicos, los que evidentemente provienen de la comida, hasta los venenos en los que el hombre de hoy está mucho más "adelantado".

No sólo la comida y la bebida satisfacía al hombre aún primitivo, sino que en su tiempo de "descanso" trataba de divertirse ya sea con el canto, el baile, la música o la pintura. Sobre estas actividades del hombre de aquella época de milenios atrás, existe suficiente documentación. Por supuesto, cómo se escuchaba el canto de un neolítico no lo podemos imaginar, aunque sí, como hemos mencionado, que el hombre paleolítico era un gran maestro en dibujos. También sabemos a través de los dibujos y relieves que en la época del antiguo reinado egipcio fueron la música y el baile muy apreciados y cultivados. Existen, además, de la época Megalítica (2500 años z.C.) trece tambores fabricados con arcilla (36). Desde esta época hasta hoy se realizaron ejemplares de tambores, flautas e instrumentos musicales cerámicos más complicados, como un violín hecho de porcelana.

Ahora queremos rozar el tema sobre la aplicación de la arcilla en otro campo de la cerámica, que no sólo modificó la vida del hombre radicalmente, sino que jugó en su existencia un papel, que podríamos llamar fatal. Nos tomamos la libertad de citar una frase de A. Dietzel (37): "La cerámica en su sentido más amplio es la industria más antigua, que puede pretender haber enriquecido la humanidad pues le dió alegría pero nunca le hizo daño". Que la cerámica es la industria más antigua está aceptado por unanimidad, sin duda, por el mundo entero, pero cuando se dice "no hizo ningún daño" a la humanidad, debe hacerse una corrección. Si el mundo de hoy llegó a través de la cerámica, es decir a través de la arcilla, hasta una situación sin salida, no pode-

mos culpar de esto a este noble producto de la naturaleza, "la arcilla". El hombre mismo tiene la culpa debido a su carácter dual, bueno y malo, prevaleciendo siempre el último. El hombre en su ceguera y aidez olvidó el camino de la paz y la modestia que le ofreció la arcilla y se desvió hacia un camino peligroso para él, que probablemente transformaría su destino, pero esta vez en forma trágica. La espada de Damocles nunca estuvo tan débilmente colgada sobre la humanidad como hoy. Hoy nos encontramos delante de "ser o no ser": ¿Qué rol cumplió entonces esta vez la arcilla en una situación trágica, quizás el fin del ser humano?.

Este interrogante es comprensible, si recorremos el camino histórico de los "refractarios", una rama de la cerámica de suma importancia.

Entre las características físico-químicas de la arcilla, una de las más importantes, es su resistencia al fuego. A pesar de que el hombre neolítico durante milenios aplicaba el fuego para calcinar sus productos de arcilla, conocía y dominaba el fuego, no le dió mayor trascendencia a este hecho; hasta que, posteriormente, tomó conocimiento sobre la obtención de los metales a través de la fundición de las respectivas menas. Nos interesa en esta oportunidad la época de la elaboración de los metales, sólo debido a la participación de la arcilla en este proceso.

Cuando el hombre descubrió el metal cobre, desde luego en forma nativa, y fijó una propiedad de este material hasta entonces desconocida, la gran ductilidad del mismo en frío, comenzó a reemplazar sus herramientas frágiles y poco eficaces como el cuchillo, puntas de flechas, puñales, hachas, etc., por este material. Pasó un cierto tiempo hasta que el hombre descubrió que este material se derretía en el fuego y presentaba al enfriarse un producto de calidad superior para la elaboración de sus herramientas. Con esto comenzó no sólo la era de la metalurgia, sino también simultáneamente la de la industria de "refractarios".

La escasez de este metal con el tiempo y el posible agotamiento del mismo, obligó al hombre a buscar un camino para obtenerlo. El hombre de esta época si bien tenía experiencia e inteligencia de suficiente nivel como para distinguir entre las rocas, una que tuviese relación con el material buscado, sólo por el color, la fragilidad de este material nuevo puso al hombre delante de un nuevo problema, que solucionó por medio del fuego. Prosiguiendo con las primeras experiencias estableció el método y la técnica para la obtención del metal buscado.

Con esto comienza prácticamente la historia de la metalurgia, que cambió otra vez más la vida y el destino del hombre fundamentalmente. Como dice K. Hofman: "Ningún otro metal desempeñó un papel tan importante en la historia de la civilización de la humanidad como el cobre..." (38); a estas palabras hay que añadir: "gracias a la arcilla"; porque es la arcilla la que permitió al hombre el inicio y desarrollo de la metalurgia, pues sin hornos, moldes y crisoles hubiera sido imposible la existencia de esta industria. Lamentablemente, tenemos pocos documentos materiales sobre estos elementos de la época más antigua. Sin embargo, es evidente que el hombre observando cómo el metal fundido se desparramó sobre la tierra, trató de recogerlo en una hendidura de la misma y con eso logró el primer molde "refractario". En el famoso libro de G. Agrícola, *De Re Metálica* (39), H.C. Hoover y L.H. Hoover en sus comentarios sobre la historia de los metales, se menciona que en Egipto en la época de la 1ª y 2ª Dinastía, según los documentos materiales, ya se conocía la técnica para obtener cobre metálico a través de la fundición. Se obtenía el metal por intermedio de reducción con carbón en una hendidura en

la tierra. En el fondo del horno se solidificaba una torta o lingote de metal fundido. A través de un relieve de la época del Faraón Senefru (Snofru) 3700 años a.C. se conoce que las más antiguas minas de cobre se encontraban en la península de Sinaí. Ahí se hallaron una serie de hornos de tamaño chico, de primitiva construcción realizados en forma burda, de la época 2300 años a.C. Estos hornos, sin embargo, ya estaban equipados con tiraje de aire y caños para soplar. El invento de estos accesorios significó un paso adelante muy importante en la construcción de hornos para fundir vidrio. Cuando en el siglo XIV a.C. la caña fué reemplazada por un fuelle, se estableció este tipo de horno definitivamente, que perduró hasta los tiempos de Agricola. Existe una reproducción de un horno con un fuelle manejable con el pie, del tiempo del Faraón Tutmes III (Tutmosis III) 1500 años a.C. Asimismo tenemos un documento sobre un horno destinado a cerámica en Grecia, ya mencionado, con una separación entre la cámara de combustión y la de cocción. Es sumamente interesante la descripción de R. Prain (40) de una planta para fundición de cobre, sorprendentemente muy avanzada para su época. Esta planta descubierta en el valle de Timna (Israel) está preservada en estado completo y pertenece a la época de 4000 años a.C. Los ejemplares de los hornos para fundir vidrio descubiertos en el territorio de Israel pertenecen a una época relativamente nueva, de los siglos 4^o, 5^o y 6^o de nuestra era. Cerca de estos hornos se encontraron crisoles de arcilla, de paredes finas en los cuales había restos de vidrio fundido. Entre estos descubrimientos, el más importante es un horno con tanque para fundir vidrio, ambos contruidos en ladrillo y en perfecto estado de conservación. Lo más destacable de este hallazgo es el tanque o cuba de fundición, innovación muy importante encontrada por primera vez. La planta se encontró cerca de la fortaleza de los cruzados en Somelaria (41) y fué construída en el siglo 13^o de nuestra era, siendo el único ejemplar de su tipo, hasta que se descubrió un horno similar en Natbeuri en Georgia (Cáucaso) (42). Se opina que una tecnología de tan alto nivel no era de esperar para aquella época y asimismo se considera que ambos hornos fueron contruidos en forma independiente.

No es con menos interés, que los egipcios utilizaban desde tiempos más antiguos el crisol como símbolo jeroglífico para el cobre. Este acto simbólico demuestra como apreciaban ellos estos dos elementos importantes.

A pesar de que la arcilla no participa directamente en la composición del vidrio, era y sigue siendo indispensable para el desarrollo de tan importante industria la cual nunca hubiera llegado a tal nivel de desarrollo sin la misma.

Los primeros indicios sobre el vidrio pertenecen a una época muy antigua, en el 5^o milenio a.C., en el norte de la Mesopotamia se fabricaban cuerpos cerámicos de tamaño chico que luego cubrían con "esmalte"; esta capa fina de recubrimiento es en realidad nada más que un vidrio (43). Esta técnica (4^o milenio a.C.), posteriormente fué adoptada por los egipcios, quienes divulgaron su aplicación en la época de la 2^a Dinastía (3050-2840 años a.C.), si bien el vidrio propiamente dicho aparece en Egipto miles de años más tarde. El documento más antiguo sobre vidrio en dicho país se encontró en Telet Amarna, fué el hallazgo de este material en una cápsula fina de arcilla (44). Según otras fuentes arqueológicas, el vidrio era conocido ya en el 3^o milenio a.C. en el oeste de Asia y de ahí la técnica de la fabricación de este material fue introducida en Egipto, como hemos dicho, por el Faraón Tutmosis III durante una expedición militar.

Las primeras descripciones sobre los hornos de fundición de vidrio provienen de Arabia y de Siria, del siglo 9^o a.C.

(en el museo Británico) contruidos con ladrillos. La temperatura de fundición en estos hornos, según los resultados de la investigación sobre los refractarios utilizados, no sobrepasaban los 1100^oC. Esto se demuestra a través de la composición y aspecto físico de los productos de vidrio más antiguos de Egipto, que se presentan en estado opaco llenos de burbujas (45). Las primeras descripciones de los hornos de fundición para vidrio de nuestra era, provienen del monasterio Monte Cassino del año 1023 y de otro horno del mismo tipo construído por Theophilus del siglo XII (G. Agricola, citada).

Todos los hornos descritos y conocidos a través de los estudios arqueológicos para la fundición de vidrio, fueron contruidos con ladrillos, y crisoles de distintos tamaños, también fabricados con arcilla. La técnica de fundición de vidrio en los crisoles se mantuvo hasta el siglo XIX, cuando comenzó otra vez, después de casi quince siglos y medio, el uso del tanque o cuba. Estos hornos eran fabricados hasta el comienzo del siglo XX excepcionalmente con bloques de arcilla refractaria, en las que la temperatura de fundición llegaba hasta 1400 ^oC. En nuestro siglo cambió el concepto de los refractarios, debido a los agregados no arcillosos. Pero en los refractarios tipo chamote juega la arcilla un rol muy importante, como aglomerante y en otros tipos de refractarios.

Todos estos ejemplos mencionados en forma esporádica, ya sea un horno para fundir metal o para fundir vidrio, tienen un sólo objetivo bien definido, subrayar el rol importantísimo desempeñado por la arcilla en la tecnología de altas y muy altas temperaturas desde el comienzo de su aplicación hasta hoy.

El hombre durante el largo recorrido de su existencia, desde su estado más primitivo y con herramientas rudimentarias calcinó sus primeras vasijas a temperaturas máximas de 500-600^oC. El hombre civilizado, mejor dicho el hombre mecanizado, con herramientas más sofisticadas logró, a través de la arcilla, llegar a temperaturas superiores a 1500^oC. Por supuesto cada fase de este avance tardó milenios, siglos, décadas y años. Este avance no fué lineal en relación con tiempo transcurrido, sino más bien parabólico.

Resumiendo todo lo que el hombre logró a través de la arcilla lo podemos constatar y coincidimos en que, por lo menos hasta aquí, con las palabras de A. Dietzel, "... la cerámica no hizo ningún daño a la humanidad". Pero analizando la consecuencia de la rama de cerámica que se llama "refractarios", cambia el panorama bruscamente. Sí, es verdad que la cerámica ofreció muchísimos beneficios a la humanidad, pero al mismo tiempo profundas desgracias. En esto último no podemos culpar a la cerámica o a la arcilla, sino exclusivamente al hombre mismo, utilizando la arcilla no sólo para metas pacíficas, sino ampliamente para su autodestrucción. Esta opinión parece quizás exagerada, pero mirando a vuelo de pájaro la historia de la humanidad, uno llega a la afirmación antes expresada. Si el hombre hubiera aprovechado todos sus conocimientos y experiencias en el vasto campo de la cerámica para su bien, no hubiese sido cierta tal afirmación. Pero los hombres desde el descubrimiento de los metales aprovecharon la arcilla por su resistencia al fuego, aparentemente, para su mutua extinción.

Si el hombre hubiera aprovechado el hierro y el acero para la fabricación de las maquinarias y herramientas para la agricultura, para las construcciones civiles de todo tipo, para transporte de todo tipo, para artefactos domésticos, para las industrias de múltiples tipos, etc. y no hubiera gastado millones de toneladas de este precioso material para la destrucción de la vida orgánica y bienes acumulados durante

milenios, sí podríamos decir que la cerámica no hizo ningún daño a la humanidad. Pero como hemos dicho, el hombre a través de la cerámica de alta temperatura llevó su propia existencia hasta el borde del precipicio; en su ceguera y avidez no se dió cuenta a qué profundidad cortó la rama de la vida, sobre la cual estaba sentado. En este drama del hombre, la arcilla es tan inocente como la naturaleza misma. Este comentario, aparentemente fuera del tema, está sin embargo tan ligado con él, como ambos "productos" de la naturaleza: Hombre y Arcilla. La arcilla cumplió, por lo menos, su deber histórico predestinado.

Todo lo que hemos dicho sobre la arcilla hasta aquí en forma muy lacónica, no agota, de ningún modo, el rol que desempeñó en la historia de nuestra existencia. Para apreciar digna y detalladamente todo lo que debemos a este "regalo de Dios", necesitaríamos tomos enteros.

A continuación mencionamos brevemente y sólo en forma parcial las industrias más importantes donde la arcilla presta su servicio. Dichas industrias necesitan diariamente millones de toneladas de distintos tipos de materiales arcillosos de color blanco, rojo, etc. El mayor consumidor de las arcillas fué y sigue siendo la cerámica de construcción en su amplia diversidad; la industria de la cerámica refractaria, fundamento de la siderurgia y todos los tipos de instalaciones donde se requiere el fuego; la industria del cemento que en todo el mundo insume diariamente alrededor de dos millones de toneladas de arcilla (la producción mundial de cemento portland en el año 1976 llegó hasta 730 millones de toneladas); la arcilla expandida, cuya aplicación en la mezcla de hormigón crece cada vez más y más, consume grandes cantidades de arcilla especial; la demanda de las arcillas blancas y caolines se acrecienta día a día para las industrias del papel, caucho, para la industria de cerámica fina con sus múltiples productos para uso doméstico y técnico, etc.; las bentonitas activadas y tierra Fuller tienen gran utilidad en la filtración y decoloración de aceites, vinos y otros líquidos; gran cantidad de arcillas bentoníticas se consume en forma de suspensión densa en las perforaciones, p.e. en la industria papelera; la industria siderúrgica consume gran cantidad del mismo material para moldes de fundición, etc. Es imposible e innecesario nombrar todos los productos y tipos de la cerámica blanca y roja.

Podría pensarse que la cerámica blanca, para uso doméstico en sus distintas formas, esmaltes, decoraciones aplicadas en sus diversas técnicas, reunió a los mejores artistas del mundo con el fin de brindar por medio de sus talentos creaciones magníficas. Particularmente tenemos que mencionar la procelana, "oro bnaco" o "reina de la cerámica" con cierta admiración. La procelana prestó un servicio destacado a la humanidad civilizada, tanto en los productos domésticos como también en los productos técnicos. La procelana fué y es un elemento imprescindible en la electrotecnia, ya que su utilización en la fabricación de aisladores de alta tensión, de dimensiones aún mayores que cuatro metros, es irremplazable. Gracias a ellos, en todo el mundo, millones de electromotores ponen en marcha incontables maquinarias de todo tipo, iluminan nuestras ciudades y pueblos y prestan toda la comodidad que necesita el hombre civilizado. Igualmente irremplazable resulta en los laboratorios de ciencia y técnica, como así también en muchas ramas industriales.

Los refractarios tipo chamote de arcilla cumplen un rol excepcional en casi todas las ramas de la industria, sea liviana o pesada. Todos los tipos de hornos, hogareños o industriales, ya sean hornos para fundición de metales o vidrio, hornos para cerámica, enlozado, fritas y colores para cerá-

mica, incineradores, hornos de panaderías, calderas y secaderos y en general en todos los lugares donde se generan altas temperaturas eran y siguen siendo revestidos con ladrillos de este tipo. También los crematorios, lugar donde termina el ciclo de nuestra vida, se construyen con ladrillos, en cuya fabricación fuimos "grandes maestros".

Todo lo mencionado es sólo una parte del "regalo" que la naturaleza hizo a la humanidad, a través de la arcilla. Es asombroso cómo la arcilla a través de miles de años penetró en todos los rincones de nuestra vida.

Durante las últimas décadas del siglo XX la "cerámica" sufrió una evolución inesperada, cuyo final todavía no se puede predecir. La palabra cerámica está escrita exprofeso entre comillas, porque su evolución en los últimos tiempos ha sido tan amplia con sus diversos tipos de productos, que no nos permite agrupar bajo la definición clásica de esta palabra todo lo que abarca esta industria.

La primera industria de la humanidad conocida y practicada desde el principio de la época neolítica, o posiblemente desde época más lejana aún, recibió el nombre "Cerámica" durante los últimos siglos de la época precristiana, nombre que deriva, como se sabe, de la lengua griega. Bajo este nombre se entendían, en la interpretación clásica, fundamentalmente, todos los productos obtenidos a través de hidroaluminosilicatos, los que con agua se transforman en una masa plástica que en frío permite moldear objetos, que posteriormente en el fuego se "solidifican". Es difícil ubicar las nuevas ramas de la cerámica en la definición clásica de la misma, debido a que la materia prima o el método de elaboración son esencialmente distintos, como por ejemplo los casos de refractarios especiales de muy alta temperatura, basados en los óxidos puros, carburos, boruros o nitruros de ciertos elementos o las mezclas de óxidos refractarios con metales de muy alto punto de fusión, llamados "cermets". Estos tipos de materias primas no cumplen de ningún modo los requisitos de la cerámica clásica. Asimismo, los ladrillos refractarios electrofundidos o productos de la "Pirocerámica" (Glassceramics) no son elaborados por métodos convencionales, es decir los objetos de estos tipos de cerámica no se forman en frío "solidificándose" a altas temperaturas, sino de modo inverso. A pesar de que estos productos se elaboran a base de materias primas y por métodos no convencionales, pertenecen a la industria cerámica. Especialmente la cerámica de los óxidos desempeñó un rol excepcional durante las últimas décadas de nuestro siglo. La cerámica electrónica, que abarca diversas subdivisiones, como ferroelectricos, ferromagnéticos, piezoeléctricos, etc., tomó un rol importantísimo en la vida cotidiana. Su rápido desarrollo permitió al hombre realizar cosas de nivel asombroso que parecían irrealizables. Basta un ejemplo: el dominio de la estratosfera por el hombre y la caminata sobre la luna. Es verdad que la luna con este acto del hombre perdió su parte romántica, pero observando un pedazo de roca en la mano del hombre, traída desde nuestro satélite, uno queda asombrado. Este hecho es verdaderamente un documento del alto grado de inteligencia del ser humano. Durante los últimos veinte años (1960-1980) la cerámica brinda una vez más una gran sorpresa para la humanidad, que todavía está en pleno desarrollo, pero ya alcanzó un nivel muy notable. Estamos hablando de "Biocerámica". Con éste nuevo sector la cerámica interviene directamente en la anatomía del hombre, aliviando y/o salvando su vida. Con cuerpos biocerámicos se realizan hoy implantaciones de varios tipos, existiendo cientos de miles de casos en todo el mundo.

La trayectoria desde el hombre primitivo con un pedazo de arcilla en su mano y el paseo del mismo hombre sobre

un cuerpo del universo, fuera de la Tierra, fué de muy corto plazo, apenas diez mil años. Este logro del hombre fué realizable gracias a la cerámica, en otras palabras, gracias a la arcilla. Pero al mismo tiempo no debemos olvidar la otra cara de estos adelantos de la técnica, la industria armamentista, con sus misiles teledirigidos amenazando la destrucción del hombre mismo y de todo lo que él durante miles de años con su sudor y sangre, superando incontables obstáculos, entregó para cuidar y legar a sus hijos. Con dichos artefactos superpotentes, el hombre parece querer desafiar a los Dioses, es decir a la fuerza universal. Aparentemente al hombre le interesan poco las cosas "triviales", como por ejemplo, un florero de porcelana de una belleza encantadora o un pimpollo de rosa recién abierto; dos "reinas", una creada por él y otra por la naturaleza. El "hombre pensador" olvidó de dónde viene este florero, qué larga vía dejó atrás, siempre acompañándolo; él ignora la belleza de la naturaleza y todo lo que ella le regaló, prefiriendo demostrar su actuación en el campo de la fuerza.

Al principio de este artículo hemos expresado la opinión de que todo lo que poseemos y que hemos logrado hasta hoy, se lo debemos a la arcilla. Ahora podemos afirmar, que esta opinión no es en absoluto ninguna exageración, sino una realidad en la historia humana. Pero a pesar de todos los roles desarrollados por la arcilla, esta última no fué suficientemente reconocida y apreciada, evidentemente por su apariencia pobre, poco vistosa. Ella no brilla con los colores de una piedra preciosa, como el rubí, la esmeralda y el zafiro, ellas es muy modesta; ella no posee la ductilidad ni la resistencia mecánica del hierro o el acero, ella es tierna y frágil. ella no alberga en sí el valor del oro o del platino, sólo el de la vida.

Como epílogo deseamos afirmar: en primer lugar, que debe repetirse una vez más que la palabra "arcilla" en su concepto integral, representa todos los tipos de este material que con diversos colores se encuentran, en la naturaleza, en sus respectivos minerales arcillosos, incluida la capa superior terrestre rica en humus. Ya hemos dicho, que sin la presencia de esta capa, de arcilla y de humus, la existencia y desarrollo de la vida orgánica es imposible. Comentamos que esta capa de vida, todavía en nuestros días, se quema sin piedad ni control en enormes cantidades para la fabricación de ladrillos. Esta actitud bárbara debería ser estrictamente prohibida por todos los pueblos del mundo entero, para evitar que este material imprescindible para la vida, acumulada durante miles de millones de años, sea destruído en forma irremediable.

Resumiendo: en la época arcaica, cuando nuestro planeta era desolado, se forma sobre los continentes una capa fina de polvo, proveniente de las rocas erosionadas. Pasan millones de siglos y sobre la tierra aparece algo "nuevo", que se llama "vida". Este "algo" nuevo se desarrolla en una flora maravillosa y el reino animal que se devora entre sí para su supervivencia. En el desarrollo de estos dos géneros de la vida, completamente diferentes entre sí, suponemos que no ha habido ningún principio precalculado, como ninguna prioridad precalculada entre las especies de los animales. De la larga lucha por la sobrevivencia el hombre sale triunfante. Durante su existencia descubre e inventa muchas cosas, entre otras el descubrimiento de la arcilla es de suma importancia, pues posteriormente transforma su modo de vida en forma fundamental. Con este material puede lograr, todavía en crudo, sus primeros recipientes; con una pasta de arcilla combinada con pajas y ramas prepara su primer albergue y con eso puede abandonar su cueva. Inventa el ladrillo y soluciona definitivamente el problema de la vivien-

da. El descubre la técnica de la calcinación de los productos de la arcilla y con eso funda la primera industria de la humanidad, la cerámica; el hombre descubre el metal e inventa la técnica de su obtención a partir de la mena. Con el descubrimiento del metal se inicia simultáneamente la historia de la cerámica de refractarios, que posteriormente se transforma en la industria más importante, porque con el desarrollo de esta industria, se realiza sincrónicamente la metalurgia, el nervio principal de la vida moderna. El hombre inventa plaquetas de arcilla para la escritura y con esto comienza la historia del correo, de las bibliotecas y archivos, gracias a los cuales tenemos conocimientos sobre la vida de nuestros lejanos antepasados, etc.

A continuación es muy instructivo ilustrar un cuadro con un ejemplo en la vida cotidiana del hombre moderno, para darse cuenta de inmediato y con cierto horror, de la inmensa importancia de la cerámica; desconectamos, por un corto tiempo, en nuestra imaginación, todos los generadores de corriente eléctrica en todo el mundo y observamos los efectos provocados: todos los motores en todos los continentes se quedan parados, es decir se para la vida pulsante: la luz se apaga y la oscuridad envuelve nuestro mundo; los calefactores no dan calor, no hay agua caliente; el frío nos molesta como en "aquella" época; se vacían las cañerías de agua y gas; todos los tipos de industria se paralizan; cesan los vehículos de transporte; se cortan las telecomunicaciones; aparecen problemas insuperables de alimentación, etc. Uno puede imaginarse la situación caótica y desesperante que reinaría sobre el mundo entero. Pero qué pasaría si esta supuesta situación no fuera por un corto, sino largo tiempo, quizás por siempre. La contestación sobre este interrogante es muy fácil y simple y al mismo tiempo dramática. La humanidad lentamente, pero con seguridad vivirá su segunda "era paleolítica". El hombre de hoy puede vivir sin algunos productos de cerámica fina, en forma modesta, pero sin productos de la amplia gama de metales, es la vida moderna inimaginable. Así de inimaginable resulta la obtención de metales y productos de metalurgia sin los refractarios, es decir, cerámica.

Y así llegamos a la conclusión de que todo, pero todo, desde el simple clavo de hierro hasta el vehículo lunar, debe la humanidad a la cerámica, es decir a la arcilla. Cada objeto de cualquier tipo, para cualquier destino, que uno toma en su mano, está relacionado directa o indirectamente con la arcilla. Así vemos claramente, hasta dónde la arcilla, a través de las industrias cerámicas y sus diversos productos, penetró en nuestra vida y la dirige sin darse cuenta.

Uno no debe preocuparse por la escasez de la arcilla refractaria, ya que nuestra tierra siempre estará en condiciones de ofrecérsela en una u otra calidad. Pero lo que sí nos debería preocupar, es la explotación ilimitada y descontrolada de todas las clases de metales y de combustibles. Ya se nota la escasez de algunos metales y posiblemente a fin de nuestro siglo desaparecerán algunos de ellos. En lo referente a combustibles podemos decir que la industria de la cerámica consume gran cantidad de energía calorífica y por este motivo está muy preocupada. El agotamiento de carbono, petróleo y gas pone a la humanidad en una situación muy difícil. No menos dramático será el agotamiento de los metales; que algún día estos elementos, combustibles y metales, se agotarán es evidente. Esto es sólo cuestión de tiempo, será décadas, siglos o milenios. El "tiempo", el enigma más grande del universo, alberga en sí el misterio del comienzo y del fin de todo lo existente.

Finalmente ha llegado el momento en que el hombre debe razonar y tomar conciencia de que todo lo que le rodea,

no fué creado para él; que las dimensiones de la tierra son limitadas y que tiene una cierta capacidad, que no es inagotable; no debe olvidar que él, sobre la tierra es sólo un huésped transitorio y debe comportarse como tal. La violación de la Madre Tierra por él será algún día pagada por las generaciones venideras. La humanidad debe en lugar de desgarrarse mutuamente, lo cual trae aparejado daños irreparables, inmensas pérdidas económicas y la decadencia moral y espiritual, razonar y decidir cómo evitar la decadencia de la civilización y destrucción de la vida humana y de todo lo logrado por él.

Es muy simple comprender que un día, no tan lejano, las reservas de combustibles y metales, como ya hemos dicho, se agotarán, a pesar de que el hombre ya está tratando de explotar la riqueza del fondo de los mares. Agotando todas las posibilidades el hombre en un futuro lejano, un día quedará sobre la tierra violada y agotada por él. Bajo estas condiciones es fácil imaginarse, que el hombre revivirá una época algo parecida al paleolítico, pero con una diferencia: esta vez él, rico en conocimientos teórico-prácticos y experiencias, encontrará la Tierra pobre, maltratada y vacía. Los signos del miedo y de preocupación ya se presenten en la palabra de R. Riedel: "... que nosotros a nuestros hijos entregamos como herencia la tierra completamente vacía. . . Antes de 1900 fué consumida en forma nada significativa, pero después del 2000 nada significativa quedará".

El hombre se dió cuenta demasiado tarde de la perturbación del equilibrio de la existencia, debido a su maltrato e inconsciencia. Ahora sí está preocupado y trata intensamente de sustituir las fuentes energéticas agotables, por las fuentes inagotables como el sol, el agua y el viento; creemos no está de más, tratar de aprovechar la energía inagotable de oleaje del mar y del calor del núcleo de la tierra. Si la primera es realmente difícil de "domar", la última se asemeja a una fantasía, pero no sabemos si finalmente es más fácil realizar esta "utopía", que abastecemos con las materias primas imprescindibles provenientes de otros planetas. El hombre si bien logró dar un salto de 400.000 Kms hacia la Luna, no significa que podrá traer desde un mundo lejano las materias vitales para abastecer las industrias existentes.

Aparentemente dichas consideraciones no están conectadas en forma directa con el tema, pero indirectamente sí, porque al fin y al cabo están ligados al "ser o no ser" de la cultura y civilización de las naciones, las que debido a la existencia de la arcilla, han logrado el alto nivel presente.

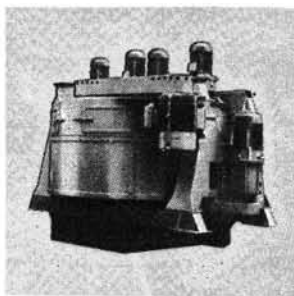
Cerramos este artículo con palabras, aparentemente patéticas:

Si un día el hombre, como Adán expulsado del Paraíso, lleno de arrepentimientos dirige su mirada a la Tierra que recibió como Paraíso, y siguiendo su camino sin destino, ahora la encuentra exhausta y desolada, aún queda como última esperanza la misma tierra. . ., "la arcilla".

Finalmente, quiero expresar mi agradecimiento a la señora Mirta N. Passarino de Marqués y a la señorita María del Carmen Bustos por la ayuda en la traducción del texto del alemán al castellano.



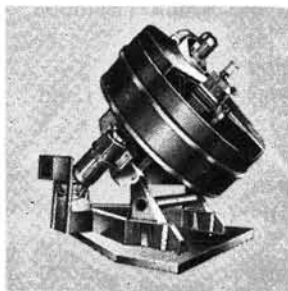
MAQUINARIA



Mezclar

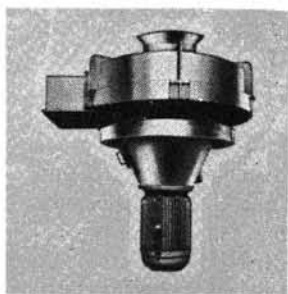
Para la industria de:

- cerámica
- vidrio
- hormigón
- etcétera



Granular

- Abonos
- Industria química
- Residuos urbanos



Triturar

- Con molinos centrífugos
- horizontales
 - verticales



Representante exclusivo:

TEMA MAQUINARIA, S.A.

Maiquez, 52 - MADRID-9

Tels.: 273 39 04 - 273 95 69 - Télex: 23325-TEMA E

BIBLIOGRAFIA

1. L. Reinhardt, "Der Mensch zur Eiszeit in Europa", Harz-Verlag, Berlin-Wien, (1942).
2. U. Hofmann, "Geheimnisse des Tones", Ber. der Deutsch. Keram. Gesell., B.38, H.5, (1961).
3. A. Wacker, "Zur Entstehung des Lebens auf der Erde", Angew. Chem. N^o 17/18, 9, (1958).
4. J. Endell, R. Zorn und U. Hofmann, Angew. Chem. 54, S. 376, (1941).
5. D. Krüger und F. Oberlies, Ber. Der Deutsch. Keram. Gesell. 74, 1711, (1941).
6. A. Weiss und U. Hofmann, Z. Naturforschung, 66, S. 405, (1951).
7. A. Weiss, Chem. Ber. 91, S. 487, (1958).
8. S. Miller, ver - E.D.P. Robertis, W.W. Nowinske, y F. A. Saes, "Citología General", Cap. I, Ed. El Ateneo, Buenos Aires, (1960).
9. S. Akabori, Kagaku (Science) 25, (1955); ver - A. Wacner, "Zur Entstehung des Lebens auf der Erde", Ang. Chem. 17/18, 9, (1958).
10. A. Weiss, "Beiträge zu silikose Forschung, Grundfragen aus der Silikoseforschung", 3. Band, Bergbau-Berufsgen. Bochum, (1958).
11. A. Gajokidse, Información particular dei Inst. Quim.-Farm. De Tbilisi, Georgia, (Caucasus), 1980.
12. F. Freund, R. Knobel, H. Wengeler, G. Oberheuser y R.G. Schaefer, "Organic compounds in the earli atmosphere formed abiotically from atomic carbon", Symposium on precambrian problems, Copenagen, 27.2 - 1.3, 1981; serápublic. en Geolog. Rundschau.
13. F. Freund, H. Kathrein, H. Wngeler, R. Knobel and H. J. Heinen, "Carbon in solid solution in forsterite — a Key to the untractable nature of reduced carbon in terrestrial and cosmogenic rocs"; presentado parcialmente en el meeting anual in Deutsche Mineral. Gesell., Darmstadt, September, (1979).
14. F. Freund, G. Debras, G. Demartier, "Carbon content of magnesium oxide single crystals grown by the arc-fusion method", J. Cryst. Growth, 38, (1977), 277.
15. F. Freund, G. Debras and G. Demartier, "Carbon content of high purity alkaline earth single crystals grown by arc-fusion", J. Am. Cer. Soc. 61, 9-10, (1978).
16. F. Freund, R. Knobel, H. Wengeler, G. Oberheuser and R.G. Schaefer, "Atomic carbon in MgO", Mater. Res. Bull. (1980).
17. H. Wngeler, "Einbau von atomarem Kohlenstoff und Wasserstoff in hochschmelzende oxide", Inaug. Dissert. Matem.— Naturwiss. Fakul. Univer. Köln, (1980).
18. H.H. Kritzinger und C.W. Schidt, "Natur und Mensch", (Weltraum und Erde 4 B.), B. I, Berlin, Verl. W. de Gruyter, (1926).
19. W. Schlegel, "Die Keramik-Teller, Technologie in der Frühgeschichte der Menschheit", Sprechs. 7-8, (1975).
20. J. B. Hennesy, "Prehistoric Near East", (World Ceramics), ed. by R.S. Charleston, Hamlin, London - New York, (1977).
21. W. Noll, "Keramik inder Vorgeschichte und Antike", Keram. Z. 6, (1977).
22. J. Letsch und Noll, "Material und Herstellung antiker Kohle-Schwarz-Keramik", Ber. Deustch. Keram. Gesell., B. 55, 7, (1975).
23. W. Noll, "Untersuchungen über antike Vasenmalerei", Ber. Deutsch. Keram. Gesell., B. 52, 7, (1975).
24. Collier's Encyclopedia, T.5, (1962), The Crowell-Collier Publ. Co.
25. J.H. Breasted, "Geschichte Agyptens", Phaidon Verl. (1936).
26. Ullmann's Enzyklopedie der technischen Chemie, B. 17, (1966).
27. P. Ducatti, "Storia dell'Arte Etrusca", T. I-II, Firenze, (1927).
28. H. Jung, "Herr und Hund in einer Winamphore", Keram. Z. 10, (1975).
29. H. Jung, "Bis 6000 Jahre alte Keramik," Keram. Z. 4, (1978).
30. H. Jung, "Durch Erdgasleitung in die Vregangenhheit", Keram. Z. 4, (1977).
31. H. Jung, "Archaische Beutelflaschen und Pithoi", Keram. Z. 6, (1977).
32. A. Klein, Das Moderne in früheren Epochen," Keram. Z. 9, (1976).
33. Materialien über die Geschichte der Keinkunst in Georgien, (Caucasus), Tomo II, Parte I, cerámica de vajillas, Tbilisi, (1979).
34. Z. Kakabadse, "Cerámica de Schroscha", Ed. de la Acad. de Ciencia Tbilisi, (1973), Georgia (Caucasus).
35. H. Jung, "Keramikscherben enthüllen prähistorische Küchengeheimnisse", Keram. Z. 6, (1979).
36. D. Sinz, "Neue Keramische Musikinstrumente", Keram. Z. 5, (1978).
37. A. Dietzel, Neujahrs Ansprache, 1950, Ber. Deutsch. Keram. Gesell. B. 27, 1-2, (1950).
38. K.A. Hofmann, Lehrbuch der anorganischen Chemie, Verl. Vieweg, (1919).
39. G. Agricola, "De Re Metalica", Basileae, MDLVI, 9Gersetzt von H.C. Hoover and L.H. Joover, New York, (1950).
40. R. Prain, "Copper", The Anatomy of an Industrie, Min. Jour. Books, London, (1975).
41. P.N. Perrot, "A. Tnak-Furnace at Somelaria", (Es-Samariya), IX Intern. Congres. on Glass, Histor. Comunic. Versailles, (1971).
42. N. Ugrelidse, "Natbeuri Glass Works", Arkh, De Georgia y Caucasus, T.3, (1963), Georgia.
43. J.F.S.Stone, "The Use and Distribution of Faience in the Ancient East and prehistoric Europa", (D.P. Barag, "Origin of Glass"), IX Int. Congr. on Glass, Versailles, (1971).
44. Ullmann's Enzyklopedie der technischen Chemie, B. 8, (1957).
45. R.W. Douglas, "A History of Glassmaking", Oxford, (1972).