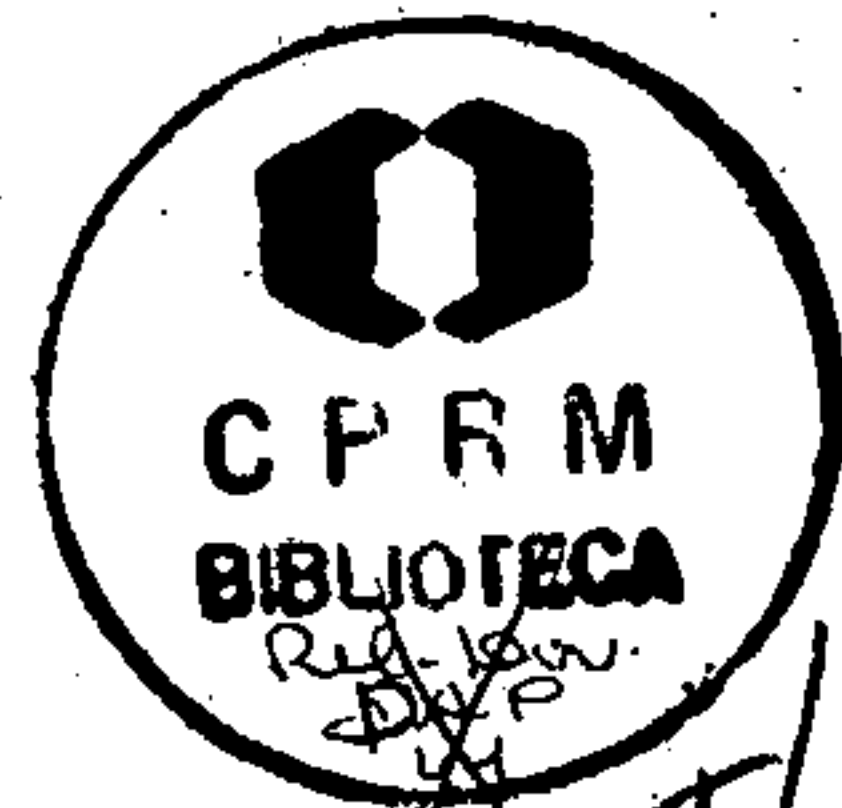


R1  
19

AO AMIGO TARINA,  
COM MEU FORTE - Saudoso  
dorado  
S. Tarina  
23.05.79

Tainho 60.1612

INVESTIGAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE  
TRONA NA REGIÃO SUDOESTE DO  
ESTADO DE GOIÁS



SAMIR NAHASS  
MARIA EUGÊNIA M. SANTOS  
J.H. DA MOTA MARQUES  
DEPEN/DIPROE  
MAIO/1979

INVESTIGAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE TRONA NA REGIÃO  
SUDOESTE DO ESTADO DE GOIÁS

SUMÁRIA:

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 1.     | INTRODUÇÃO .....  | 1  |
| 1.1.   | A trona e suas aplicações .....                           | 1  |
| 1.2.   | Situação Mundial .....                                    | 1  |
| 1.3.   | Origem e ambiente de deposição da trona ....              | 2  |
| 1.4.   | Ocorrências de trona, no Estado de Goiás ...              | 4  |
| 2.     | JUSTIFICATIVA .....                                       | 6  |
| 3.     | OBJETIVOS .....   | 8  |
| 4.     | ÁREA E LOCALIZAÇÃO .....                                  | 8  |
| 5.     | METODOLOGIA .....   | 9  |
| 5.1.   | Etapa I .....   | 9  |
| 5.1.1. | Compilação bibliográfica e visita às<br>ocorrências ..... | 9  |
| 5.1.2. | Fotointerpretação preliminar .....                        | 9  |
| 5.1.3. | Verificações de Campo .....                               | 10 |
| 5.1.4. | Análises químicas .....                                   | 10 |
| 5.1.5. | Integração dos Dados Obtidos .....                        | 10 |
| 5.2.   | Etapa II .....  | 11 |
| 5.2.1. | Geofísica terrestre .....                                 | 11 |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 5.2.2. | Sondagens .....                                    | 11 |
| 5.2.3. | Amostragens e análises químicas ....               | 12 |
| 5.2.4. | Ensaio de beneficiamento .....                     | 12 |
| 5.2.5. | Interpretação e Confecção do Relatório Final ..... | 12 |
| 6.     | NOTA FINAL .....                                   | 13 |
|        | <u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u> .....            | 14 |

ANEXOS:

- Mapa da área de ocorrências de trona (escala 1:500.000).
- Pesquisa Bibliográfica da trona.
- Memorando ao Diretor da Divisão de Geologia e Mineralogia do DNPM.

# INVESTIGAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE TRONA NA REGIÃO

## SUDOESTE DO ESTADO DE GOIÁS

### 1. INTRODUÇÃO

#### 1.1. A Trona e Suas Aplicações

O carbonato e o sulfato de sódio são importantes insumos da indústria química e sua produção e a de seus compostos é denominada "indústria de alcalis". Na indústria, o carbonato anidro ( $\text{NaCO}_3$ ) é conhecido como "barrilha", o sulfato como "sal amargo" e tanto o carbonato como o hidróxido de sódio (soda cáustica), são comumente denominados "soda".

Os carbonatos purificados industrialmente são comercializados como: "barrilha", bicarbonato, natrão ( $\text{Na}_2 \text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ ), trona ( $\text{CO}_3 \text{Na}_2 \cdot \text{Na HCO}_3 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ), e os sulfatos como mirabilita ou sal de Glauber ( $\text{Na}_2 \text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ ). Os compostos naturais podem ocorrer em grande quantidade nas regiões áridas. Atualmente, <sup>no Brasil,</sup> porém, grande parte desses produtos vêm sendo comercializados como "barrilha", fabricada a partir do "sal comum" (Cloreto de Sódio).

#### 1.2. Situação Mundial

Quantitativamente, a produção mundial de compostos de sódio não é conhecida. Os Estados Unidos, entretanto, produzem anualmente mais de um milhão de toneladas de carbonatos naturais e, a partir de todas as suas fontes, cerca de 6 ou 7 milhões de toneladas de barrilha, 225.000 toneladas de

bicarbonato e 850.000 toneladas de sulfatos. Outros principais países produtores são: Alemanha, Canadá, Chile, Peru, Rússia, Pérsia, Índia, Egito, Kenia e África do Sul. Nos Estados Unidos a produção de carbonatos procede dos lagos Searles, Mono e Owens Lakes, na Califórnia e a de sulfatos da Califórnia, Texas, Wyoming, North Dakota, Arizona, Utah e Nevada. Recentemente, foram descobertos no sudoeste de Wyoming, depósitos lacustres do membro "Wilkins Peak" da formação "Green River" contendo cerca de 25 camadas extensas de trona, das quais 11 têm espessuras mineráveis superiores a 2m cada, totalizando mais de 50 bilhões de toneladas desse sal. Só esses depósitos produzem cerca de 1.000.000 t/ano, através da Stauffer Chemical Co.

O suprimento do Canadá vem de Saskatchewan, Alberta e dos lagos da Columbia Britânica, que se estimam conter 115 milhões de toneladas de sais hidratados, principalmente sulfatos de sódio, constituindo uma das maiores reservas conhecidas desses sais.

### 1.3. Origem e Ambiente de Deposição da Trona

A Trona é talvez o mais característico dos evaporitos não marinhos. É bastante solúvel, e para que as salmouras fiquem em equilíbrio com esse sal, devem ter um pH igual ou superior a 9, para satisfazer condição necessária à concentração de ion carbonato. Isso exclui a trona dos depósitos de origem marinha. Os lagos alcalinos, por outro lado, invariavelmente, produzem trona sob condicionantes de intensa evaporação, característica de clima árido.

Os requisitos básicos para a formação da trona seriam:

*AS*

- 1) existência de bacia fechada em um clima desértico;
- 2) alimentação suficientemente contínua de soluções necessárias para formar um lago salgado.

As soluções provenientes dos terrenos mais elevados fluem naturalmente para o interior das bacias onde, por infiltração, desaparecem antes de atingirem a superfície mais baixa da drenagem natural, recarregando dessa forma os reservatórios de água subterrânea que alimentam as fontes. O fato de que a precipitação da trona é afetada pelas quantidades presentes de  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$  tem uma importante consequência para a formação e deposição desse composto, a partir das soluções que preenchem os poros intergranulares das rochas.

A maior parte da trona é evidentemente autigênica, com lâminas desse material por vezes interdigitadas em lâminas de dolomito, indicando cristalização prévia, depois soterradas pelo assoreamento da bacia.

O sódio que entra na sua constituição é liberado durante o intemperismo, das rochas ígneas, e nas regiões áridas atinge as bacias locais, onde é precipitado, seja como carbonato, ou como sulfato. O enxofre é fornecido pela oxidação da pirita das rochas regionais de natureza ígnea, metamórfica ou sedimentar; por fontes vulcânicas, fontes termais e localmente pelas canadas de sulfato natural (gipsita ou anidrita). Quando uma solução sulfática se mistura à solução de carbonato de sódio, a evaporação produz carbonato de cálcio e sulfato de sódio. Os compostos naturais do sódio são obtidos de lagos amargos e alcalinos. Em Searles Lake, encontram-se, compostos, principalmente, de potássio, numa área de cerca de 12 milhas quadradas, localizada no meio de uma grande "playa" coberta por

sal de aspecto esponjoso. Essa área, atualmente pantanosa e de tempos em tempos dessecada, teve em outras épocas profundida de de 195m. A salmoura das partes mais elevadas é recolhida em poços de 3 a 6m de profundidade. Além dessa profundidade, entre 23 a 61m, localizam-se massas relativamente sólidas de minerais salinos. A profundidades maiores, o bicarbonato aumenta, encontrando-se também uma fina camada rica em borax. Furos de sonda revelaram que a base é constituída de camadas duras de bicarbonato, quase puro, com um pouco de "burkeita", que durante muitos anos forneceu grande quantidade de borax e atualmente produz sulfato de sódio, carbonato de potássio, borax e soda.

Owens Lake, com cerca de 100 milhas quadradas de área, apresenta uma salinidade superior a 200 partes por mil e produz carbonato de sódio. Seu conteúdo é calculado em 8 milhões de toneladas. "Mono Lake" contém 300 milhões de toneladas de sais. "Soda Lake" e o pântano de Columbus, em Nevada, já constituíram, no passado, fontes de carbonato de sódio e borax.

Uma prolongada estação seca no North Dakota pôs a descoberto oito fundos de lagos, contendo cerca de 25 milhões de toneladas de sulfato de sódio. Uma "playa" em Kenia, África, contém 200 milhões de toneladas de soda.

#### 1.4. Ocorrências de trona, no Estado de Goiás

Conhecem-se no Estado de Goiás, no mínimo 3 (três) ocorrências de carbonato de sódio natural (trona), duas no município de Caiapônia e uma no município de Mineiros, todas, na região sudoeste do estado.

Segundo observações de campo de geólogos do

Distrito do DNPM, uma pequena ocorrência desse mineral aparece em terrenos da Fazenda São José, de propriedade do Sr. Hercula-  
no Faria de Moraes, a 45 km a leste de Caiapônia, no local deno-  
minado "Garimpo de São José das Cordas". Outra ocorrência pró-  
xima dessa é referida pelo eng<sup>o</sup> de minas Geraldino Machado de  
Araújo na Fazenda Buracos (Ref. DNPM - 816.346/72).

Uma terceira ocorrência foi constatada a norte da cidade de Mineiros, aproximadamente nas coordenadas 17°30' S 50°40' W (ver mapa anexo).

A área abrangida pelos municípios de Caiapônia e Mineiros, no sudoeste goiano, é constituída quase exclusivamen-  
te por rochas sedimentares e ígneas, as primeiras de idade pa-  
leozóica a cenozóica, e as segundas compreendendo basaltos e  
diabásios mesozóicos, relacionados ao vulcanismo da Bacia do  
Paraná. Apenas, a norte e nordeste de Caiapônia afloram corpos  
gabróides, supostamente pré-Cambrianos.

A coluna sedimentar dessa região inicia-se com os depósitos devonianos das Formações Furnas (arenitos, areni-  
tos conglomeráticos e conglomerados) e Ponta Grossa (folhelhos  
e arenitos, geralmente ferruginosos), seguidos de arenitos, fo-  
lhelhos, siltitos, conglomerados, diamictitos e ritmitos de  
idade carbonífera da Formação Aquidauana. Seguem-se os sedimen-  
tos argilosos, arenosos e calcários da Formação Irati (Formação  
Palermo e Grupo Passa Dois, segundo dados recentes da PETRO-  
BRÁS), de idade permiana, e mais ou menos restritos na área  
(sul e sudoeste de Caiapônia, e cidade de Mineiros). Na região  
de Mineiros, estendendo-se para sul aparecem os arenitos Botu-  
catu e os basaltos da Serra Geral, de idade juro-cretácica, par-  
cialmente recobertos por sedimentos areno-argilosos pouco conso



lidades, terciários, da Formação Cachoeirinha. Arenitos da Formação Bauru, de idade cretácica, afloram, por sua vez, a sul de Mineiros. Esparsamente, são ainda encontrados, sobre a Formação Aquidauana, depósitos aluviais quaternários.

A coluna estratigráfica proposta para os Estados de Goiás e Mato Grosso, segundo Schneider et alii (1974), é apresentada na figura 1.

De acordo com os já citados geólogos do 6º Distrito do DNPM, "a trona aparece nas reentrâncias das camadas de arenito da Formação Aquidauana, dando às mesmas coloração branca característica, situadas logo acima das zonas conglomeráticas. Possuem cerca de 50 cm de espessura e encontram-se espaçadas uma das outras por delgadas camadas argilosas não mineralizadas".

"Essas ocorrências encontram-se nas paredes da garganta do Rio São José, de cerca de 50 m de altura, ao longo da qual existem verdadeiras cavernas atapetadas, irregularmente, por placas de trona".

A garganta do Rio São José encontra-se próxima do contato discordante do Aquidauana com os folhelhos Ponta Grossa.

## 2. JUSTIFICATIVA

Atualmente, o mercado nacional depende da importação da trona, insumo básico para as indústrias de vidro, papel, detergentes e é utilizado também em muitos processos de indústrias químicas e de refinagem do petróleo, bem como na metalurgia do cobre e do níquel, sem levar em conta a demanda cres-

COLUNA ESTRATIGRÁFICA PARA AS ÁREAS DOS ESTADOS DE GOIÁS E

MATO GROSSO, PROPOSTA POR SCHNEIDER ET ALII (1974)

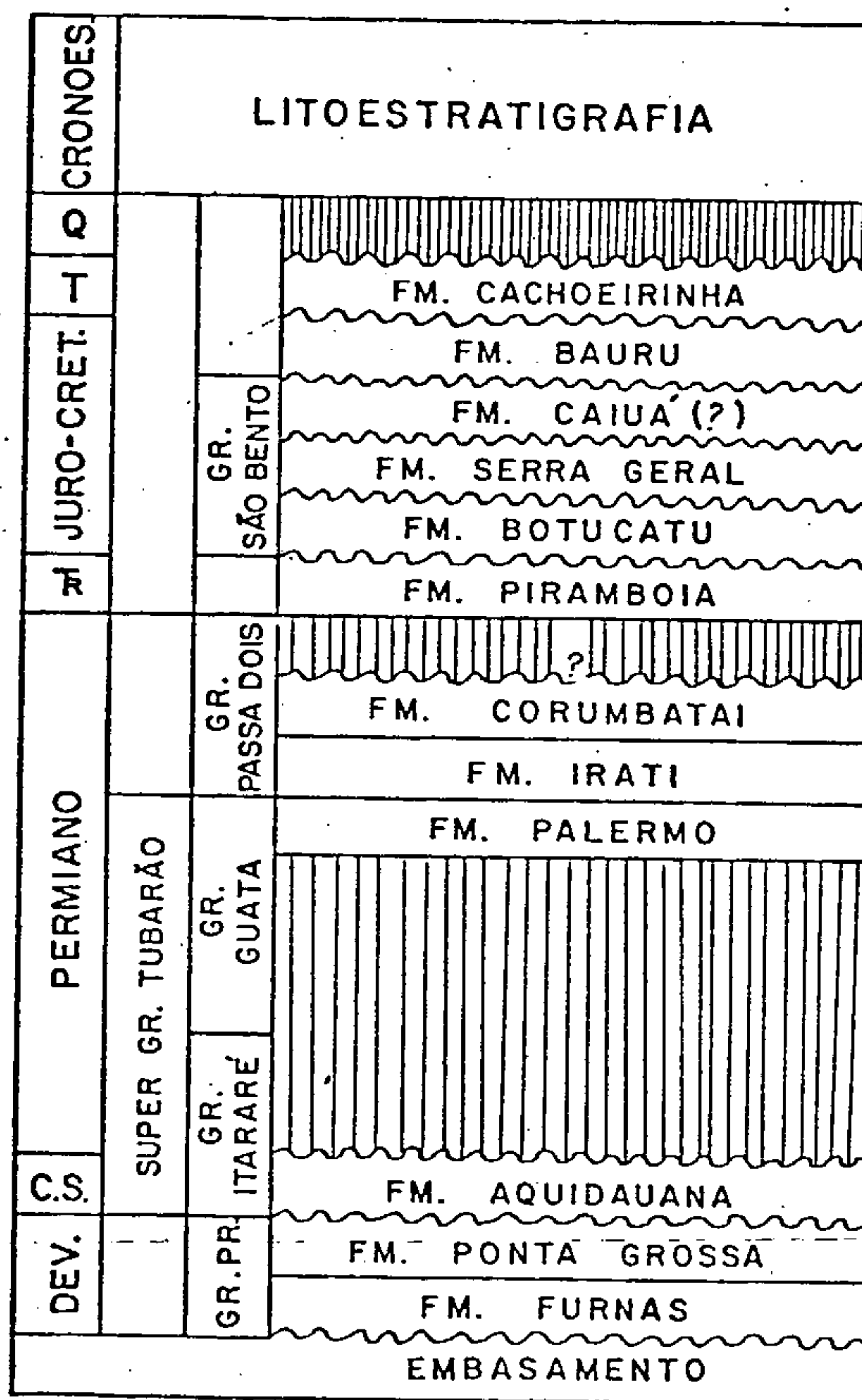


FIGURA 1.

cente.

Nestas condições a ocorrência de indícios de possíveis depósitos econômicos de carbonato de sódio natural no país, à semelhança ao que ocorre em outras partes do mundo, deve ser prontamente estudada.

### 3. OBJETIVOS

O projeto objetiva estabelecer os controles condicionantes das mineralizações, as suas relações espaciais e estratigráficas, bem como a seleção e pesquisa detalhada de áreas promissoras.

### 4. ÁREA E LOCALIZAÇÃO

A área objeto deste projeto está delimitada por um polígono cujos vértices têm as coordenadas geográficas seguintes:

|               |   |          |
|---------------|---|----------|
| A - 53°00' WG | e | 16°30' S |
| B - 53°00' WG | e | 17°45' S |
| C - 51°30' WG | e | 17°45' S |
| D - 51°30' WG | e | 17°30' S |
| E - 51°00' WG | e | 17°30' S |
| F - 51°00' WG | e | 16°30' S |

A superfície da área é de aproximadamente  
22.000 km<sup>2</sup>.

## 5. METODOLOGIA

Os trabalhos, a serem executados, visam a avaliação preliminar das ocorrências conhecidas, suas relações com os horizontes estratigráficos e a seleção de áreas mais favoráveis a jazimentos de trona.

### 5.1. Etapa I

Serão desenvolvidas as seguintes atividades: compilação bibliográfica e visitas às ocorrências; fotointerpretação preliminar; verificações de campo; coleta de amostras; integração dos dados obtidos.

#### 5.1.1. Compilação Bibliográfica e Visita às Ocorrências

Esta atividade visa especialmente o levantamento sobre o ambiente deposicional e condicionamento geológico das principais jazidas de trona conhecidas, cujos dados serão complementados com a visita às ocorrências.

#### 5.1.2. Fotointerpretação Preliminar

Simultaneamente com a atividade anterior, será efetuada a fotointerpretação preliminar das áreas, procurando-se individualizar os horizontes diretamente relacionados às mineralizações de trona e, em seguida serão elaborados os mapas fotogeológicos, em escala 1:100.000.

Deverão ser utilizados os mapas geológicos já existentes elaborados pela PETROBRÁS, e pelo Convênio DNPM/CPRM, respectivamente nas escalas 1:250.000 e 1.500.000, bem como fo-

tografias aéreas convencionais e imagens de radar.

### 5.1.3. Verificações de Campo

Confeccionados os mapas fotogeológicos, serão efetuadas verificações de campo, a fim de corrigir e completar aqueles mapas, efetuar coleta de amostras e execução de perfis e seções medidas.

Serão executados trabalhos de reconhecimento com a coleta de amostras ao longo dos "canyons" que cortam toda a área. Desta maneira, pretende-se avaliar a presença e a continuidade da trona, o que permitirá um melhor conhecimento das ocorrências da área para elaboração do plano de pesquisa em semidetalhe e detalhe.

Nesta fase as amostragens deverão se restringir à superfície. Em casos de necessidade excepcional, serão abertos poços de pesquisa.

### 5.1.4. Análises Químicas

Nas amostras coletadas serão efetuadas análises para identificação mineralógica e determinações químicas quantitativas ( $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{NaCl}$  e outras que eventualmente se julguem necessárias).

### 5.1.5. Integração dos Dados Obtidos

Concluídos os trabalhos de campo, será efetuada uma revisão da fotointerpretação e a integração e consolidação dos dados obtidos, visando estabelecer os controles condicionantes das mineralizações, as suas relações espaciais e estratigráficas, bem como a seleção de áreas promissoras para pesquisa

detalhada.

Os dados e conclusões serão contidos em relatório sucinto. No caso da área não apresentar interesse prospectivo, serão desaconselhados trabalhos complementares.

## 5.2. Etapa II

Se no relatório sucinto se concluir pela ocorrência de áreas promissoras, a metodologia a seguir, será a seguinte:

### 5.2.1. Geofísica Terrestre

Os métodos de resistividade elétrica, particularmente sondagens elétricas e mapas de iso-resistividade, serão aplicados nas áreas das ocorrências, com vista à sua aferição, baseada no levantamento geológico daquelas ocorrências.

Posteriormente, far-se-á uma prospecção geofísica sistemática, por sondagens elétricas e iso-resistividade, nas áreas selecionadas consideradas promissoras pelos estudos geológicos, com vista à locação de sondagens mecânicas.

### 5.2.2. Sondagens

Após a integração dos dados geológicos e geofísicos serão efetuados perfis de sondagens nas áreas consideradas promissoras.

A malha de sondagens fica dependente da extensão provável das áreas mineralizadas.

Contudo, todas as sondagens deverão atingir obrigatoriamente o contacto Formação Aquidauana - Formação Ponta

Grossa.

### 5.2.3. Amostragem e Análises Químicas

As sondagens sofrerão amostragem contínua, particularmente nas zonas mineralizadas. Os intervalos de amostragem serão definidos de acordo com as possanças das zonas mineralizadas.

As determinações químicas dos teores serão as mesmas já referidas no item 5.1.4.

### 5.2.4. Ensaio de Beneficiamento

Para efeito de planejamento, deverão processar-se ensaios de beneficiamento dos níveis mineralizados.

### 5.2.5. Interpretação e Confecção de Relatório Final

Após a realização dos trabalhos previstos, será apresentado um relatório circunstanciado, contendo os resultados obtidos na pesquisa.

No Relatório Final integrado constarão:

- Perfis Geológicos completos das áreas de afloramento de trona e sua localização em fotos aéreas;
- Mapas Geológicos obtidos das seções geológicas com a fotointerpretação entre os perfis, na escala de 1:100.000;
- Mapas de litofacies, na escala de 1:100.000, perfis e diagramas de facies, por integração de dados de superfície e sub-superfície;
- Interpretação dos perfis de geofísica e elaboração das cartas de resistividade e suas relações com as mineralizações e o


## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) ALVES, BENEDITO PAULO. - Perspectivas de ocorrências no Brasil de depósitos econômicos de carbonatos de sódio natural (trona) - CPRM - Relatório inédito, Rio de Janeiro, 1974.
- 2) ARAÚJO, A.G. de - Projeto Goiânia II - Índice de Bibliografia - CPRM/DNPM - Relatório inédito, Goiânia, 1972.  
Projeto Goiânia II - Fotogeologia Preliminar - CPRM/DNPM, Relatório inédito, Goiânia, 1972.
- 3) EUGSTER, H.P. - Origin and deposition of trona. CONTRIB. GEOL. - Tulsa, U.S.A., 10 (1): 49-55, 1971 (resumo).
- 4) FERNANDES, GERSON - Memorando ao Diretor da Divisão de Geologia e Mineralogia - MGE/DNPM - Rio de Janeiro, 1973.
- 5) HARNOSS, C.L. e COONS, A.T. - Sodium Carbonate. In: Natural and synthetic salts, uses and productions. U. S. BUR. of MINES, inf. Circ. 7212, 1942.
- 6) SWANSON, VERNON E. e GRING, TOM G. - Possible economic value of Trona - Leonardite mixtures - U.S.G.S. - Prof. PAPER 800-D, pg. D71-D74 - Denver, M.S.A..
- 7) THEBALDI, NORMA MORAIS - Pesquisa Bibliográfica da Trona - PETROBRÁS - Rio de Janeiro, S/d.
- 8) TYLER, P.M. - Sodium Sylphate - In: Occurrences, distribu-



- contexto geológico;
- Avaliação do potencial econômico, incluindo cálculo de reserva, e tecnologia mineral;
  - Economia Mineral;
  - Fichas de Descrição;
  - Resultados de Análises;
  - Conclusões e Recomendações Finais.

6. NOTA FINAL

Esta sugestão de projeto deverá ser detalhada em pessoal, prazo e custos no caso de merecer aprovação superior. 

tion, technology, statistics. U.S. BUR. OF MINES.  
Circ. 6833, 1935.

Inf.  
*CF*

Da, 24 de março de 1973

De: Assessor Gerson Fernandes

Ao: Diretor da Divisão de Geologia e Mineralogia

Assunto: "Ref.: Carta da Alcalis de 21.9.72 - IBE-DNPM 820.394".

Senhor Diretor:

Segundo observações de campo dos geólogos do 6º Distrito, em terreno da Fazenda S. José, de propriedade de Horculla no Farias de Morais, 45 km a leste de Calzadônia, Goiás, há uma pequena ocorrência de trona, no garimpo de São José das Cordas, assim descrita: "A região é constituída de estratos quase horizontais de arenitos argilosos a conglomeráticos, siltitos e argilitos, com diamictitos subordinados. Os sedimentos dão de cor vermelha a marron chocolate, da formação Aquidauana, segundo o Mapa Geológico do Brasil, escala 1:5.000.000, de idade Carbonífera".

"Observou-se que a trona aparece nas reconstruções das camadas de arenito, dando às mesmas coloração branca característica, situadas logo acima das zonas conglomeráticas. Possuem cerca de 50 cm de espessura e encontram-se espaçadas uma das outras por dogadas camadas argilosas não mineralizadas".

"Essas ocorrências encontram-se nas paredes da garganta do Rio S. José, de cerca de 50m de altura, no longo da qual existem verdadeiras cavernas atapetadas irregularmente por placas de trona".

Outra ocorrência próxima dessa é referida por Geraldo Machado de Araújo, Engº de Minas (DNPM 816.346/72) na Fazenda Buracos.

Um exame mais detalhado do referido mapa geológico mostra que a garganta do Rio S. José situa-se próximo do contato discordante de Aquidauana com os folhelhos Ponta Grossa (Devoniano). Ao longo desse contato, com o mesmo contraste litológico o aspecto morfológico, estendendo-se rumo ao Estado de Mato Grosso por dezenas de quilômetros, há possibilidades de ocorrências semelhantes.

PESQUISA BIBLIOGRÁFICA DA TRONA

(GÊNESE E APROVEITAMENTO)

STRATIGRAPHY OF THE TRONA DEPOSITS IN THE GREEN RIVER FORMATION, SOUTHWEST WYOMING-- W. C. Culbertson (US Geological Survey); CONTRIB. GEOL. v. 10, No. 1, pp 15-23, 1 Pl., Spring 1971

The Wilkins Peak Member of the Eocene Green River Formation contains about 42 beds of trona in an area of about 1,300 sq miles in the southeast part of the Green River Basin of Wyoming. Many thin beds of oil shale and tuff, and 9 thick blanketlike sandstone-mudstone units in the Wilkins Peak Member are recognizable across hundreds of sq miles in cores and geophysical well logs and form a stratigraphic framework that aids in the identification and correlation of the trona beds. Almost all trona beds are underlain by a bed of oil shale ranging in thickness from a few inches to several feet. All except one of the sandstone-mudstone units were deposited directly after deposition of a major trona bed. Three episodes of trona deposition are recognized. Most trona beds deposited during the first episode occupy large areas in the southern and central parts of the trona area, and locally contain large amounts of intermixed or interlayered halite. Trona beds of the second episode mostly occupy small areas in the northwest, and are halite-free. Trona beds of the last episode occupy small areas in the northeast, and also are halite-free. (11 refs.)

© The University of Tulsa—1971

Printed in U.S.A.

## WYOMING

148,685

THE MINING OF WYOMING TRONA-- R. J. Steele (Stauffer Chem. Co); CONTRIB. GEOL. v. 10, No. 1, pp 39-41; Spring 1971

Trona, a natural sodium sesquicarbonate, was initially discovered in southwestern Wyo. prior to 1940. Development of this vast natural resource was not rapid, but by 1962 the production of soda ash from trona ore was being conducted at 2 separate locations. One of these producers was Stauffer Chemical Co. of Wyoming's Big Is. Mine and Refinery located 17 miles northwest of the town of Green River. Stauffer's exploration program was initiated in 1959 and resulted in the construction and development of a 200,000 ton per yr soda ash plant and mine by the summer of 1962. Two expansions have increased this production capacity to approx. 1,000,000 tons per yr at the present time. Access to the lower of the 2 Big Is. ore bodies is gained by 2 vertical shafts reaching to approx. 930 ft below the surface. Mining is accomplished by utilizing conventional coal mining equipment in a room-and-pillar mining method. Present refinery capacity is equivalent to 1.75 million tons of ore per yr. Ore is transported underground by roof hung conveyor belts and hoisted to the surface by an automatic hoisting system. Future mine expansion will proceed into the essentially untouched area to the east of the present shafts and include the mining of the upper ore bed in this location.

© The University of Tulsa—1971

Printed in U.S.A.

## WYOMING

148,686

PROCESSING OF WYOMING TRONA-- W. R. Frint (FMC Corp); CONTRIB. GEOL. v. 10, No. 1, pp 43-48, Spring 1971

The trona ore as it comes from the mine is processed into an item of commerce although it could conceivably be used as is. Wyoming trona is an important natural resource, as a source of sodium oxide ( $\text{Na}_2\text{O}$ ). The ore as it comes from the mine contains only 38%  $\text{Na}_2\text{O}$ , along with 33% carbon dioxide, 19% water, and about 10% of various water insoluble minerals, with calcium and magnesium carbonate compounds predominating. Pure sodium oxide is difficult to produce and handle, so it is normally supplied and used in the form of sodium hydroxide ( $\text{NaOH}$ ) called caustic soda, or sodium carbonate ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) commonly called soda ash. Trona ore is about 62.5% sodium carbonate. The remaining 37.5% consisting of the carbon dioxide, water, and insolubles has very little economic value. The only successful processes involve dissolving the soluble sodium portion of the ore in water, making separation of the insolubles relatively easy, and recovering the alkali values from the solution.

WYOMING TRONA DEPOSITS-- D. L. Deardorff (Pickands Mather & Co) and L. E. Mannion (Stauffer Chem Co); CONTRIB. GEOL. v. 10, No. 1, pp 25-37, 5 Pl., Spring 1971

In southwest Wyo., lake deposits of the Wilkins Peak Member of the Green River Formation contain more than 25 extensive trona beds. Eleven of these exceed 6-ft minable thickness and total more than 50 billion tons of trona. Trona beds tend to be almost monomineralic, although some carry much intermixed halite; other impurities consist largely of rock-forming matter, either dispersed or in layers, and the mineral shortite. It is principally the older trona beds that are salt bearing. They appear to have formed while the ancient lake occupied a rather shallow basin and was undergoing exceptionally strong evaporation. The basin likely had a deeper interior portion separated by gentle rises from more shallow outer basins. Halite represents maximum desiccation and is found exclusively in the interior, whereas trona was deposited in both outer and inner basins. Five trona beds are intersected by mine workings. The FMC and Allied mines both extract ore from the same widespread layer. A younger pair of beds is present in the Texas Gulf sulfur workings and a still younger pair at the Stauffer mine. In these 4 beds, solution activity and reorganization of material is particularly evident, including enlarged grain size and secondary redeposition of trona. (13 refs.)

© The University of Tulsa—1971

Printed in U.S.A.

#### GOSIUTE LAKE

148,704

GEOCHEMICAL HISTORY OF LAKE GOSIUTE-- J. H. Goodwin (Utah Univ); CONTRIB. GEOL. v. 10, No. 1, pp 9-13, Spring 1971

Studies of authigenic silicate minerals in tuffs of the Green River Formation have made possible the reconstruction of the depositional environments of Eocene Lake Gosiute. For much of its history, Lake Gosiute was chemically stratified. The preservation of large amounts of organic matter in the sediments and the presence of sulfide minerals indicate that the lake water and occluded brines commonly had an Eh near -0.4. Initial filling of Lake Gosiute began during Luman-Tipton time with the formation of a nearly fresh water lake. Because of a climatic change, the lake shrank to its lowest level during Wilkins peak time. Extensive beds of trona were precipitated from the lake brines and authigenic trona and other saline minerals formed in the sediments during this time. Lake brines and occluded brines became depleted in sodium and caused the formation of authigenic K-feldspar in the tuffs. A second change in climate at the end of Wilkins peak time prevented further deposition of evaporite minerals. Rapid sedimentation during Lancy time filled the Lake basin and ended lacustrine deposition. Throughout Green River time, the Rock Springs uplift formed a low sill, partially separating brines in the Bridger Basin from fresher water in the Washakie Basin, but allowing relatively free circulation of surface water between the 2 basins. (16 refs.)

© The University of Tulsa—1971

Printed in U.S.A.

#### GREEN RIVER FORMATION

148,645

AUTHIGENIC MINERALS OF THE GREEN RIVER FORMATION-- C. Milton (George Washington Univ); CONTRIB. GEOL. v. 10, No. 1, pp 57-63, Spring 1971

The first comprehensive list of authigenic minerals of the Green River Formation of Utah, Wyo., and Colo., included some 33 species. In the following 10 yr, this list was cited by many writers as including an extraordinary group of minerals. In 1969, with active study of the formation proceeding in many laboratories, Bradley and Eugster described no less than 40 authigenic minerals associated with the trona beds of the Wyoming Green River alone. Today, more than 70 have been recognized there and in the Utah and Colo. Green River Formation. These are listed, with some estimate of their relative abundance; which is followed by a brief discussion of each including reference to recent published data. When the mineral may have actual or potential economic significance, this is also noted. (25 refs.)

BEDDED CHERTS IN THE GREEN RIVER FORMATION-- H. P. Eugster (Johns Hopkins Univ) and R. C. Surdam (Wyoming Univ); Abstr., ANNU. GEOL. SOC. AMER. & ASS. SOC. MTG. (Washington, D. C., 11/1-3/71) PROGRAM v. 3, No. 7, pp 559-560, Oct. 1971

Thin beds of chert occur frequently in the Tipton and Wilkins Peak members of the Green River Formation of Wyoming. The cherts are of the Magadii type as indicated by soft-sediment deformation features such as surface reticulation, casts of mud cracks, and crystal molds (probably pirssonite). Magadiite, precipitated from a stratified lake, is the probable precursor. Loss of sodium probably occurred through near-surface leaching. Exposure to air is indicated for much of Wilkins Peak time. The depositional environment envisaged is that of a playa, with the Ca-Mg-carbonates forming subaerially in the capillary zone by ground-water evaporation. The finely laminated dolomitic shales, on the other hand, formed in a fresh-water lake with the dolomite probably applied from the playa fringes by floods. Thus, the only indicators of a true lake environment are the dolomitic shales (oil shale), the cherts, and the tephra beds. For a particular Wilkins Peak section, lake and playa environments may have alternated as many as 50 times. The model presented for the Wilkins Peak member is the continental equivalent of the sabkha environment. (Abstract only - original article not published)

© The University of Tulsa—1971

Printed in U.S.A.

## TRONA

148,711

ORIGIN AND DEPOSITION OF TRONA-- H. P. Eugster (Johns Hopkins Univ); CONTRIB. GEOL. v. 10, No. 1, pp 49-55, Spring 1971

Trona is perhaps the most characteristic of the nonmarine evaporite minerals. It is quite soluble, and brines in equilibrium with trona must have a pH of at least 9, and commonly more, because of the necessary concentration of carbonate ions. This clearly excludes trona from marine environments. Alkaline lakes, on the other hand, invariably produce trona upon severe evaporation. The first requirement is a closed basin in a desert climate and the second is sufficient perennial inflow to provide the solutes necessary to form a salt lake. Dilute waters of the highlands enter the basin, disappear underground before they reach the valley floor, and recharge a groundwater reservoir from which springs are fed. The fact that trona precipitation is affected by CO<sub>2</sub> as well as by H<sub>2</sub>O has important consequences for the growth of trona from interstitial brines. Much of the trona is clearly authigenic, with trona blades penetrating the dolomite laminae, indicating crystallization after burial. (19 refs.)

© The University of Tulsa—1971

Printed in U.S.A.

## WELL LOGGING

## MINERAL EXPLORATION

137,266

SULPHUR-BEARING ROCKS CHARACTERIZED BY WELL LOGS--A REVIEW-- W. H. Fertl (Continental Oil Co) and S. J. Pirson (Texas Univ, Austin); CAN. MINING MET. BULL. v. 63, No. 703, pp 1297-1301, Nov. 1970

Well-logging techniques, as used successfully in oil and gas exploration, can be used also to give a detailed evaluation of drill holes through industrial mineral deposits, such as sulfur. The logging tools used are described, the theory behind the well-log interpretation is given, and the application of the method in sulfur-bearing limestone and in more complex sulfur deposits is discussed.



REQUISITANTE: Norma Norma Thobaldi

FONTE CONSULTADA: Petroleum Abstracts, da Univ. do Tulsa (1970 - Oct. 1972)



Embora a área de ocorrência conhecida do Catapônia tenha sido requerida pelo Sr. Luiz Barros Cruz não nos parece importante.

O levantamento regional dessas ocorrências parece necessário a fim de se poder selecionar áreas geologicamente mais favoráveis. Os elementos para isso são os seguintes:

- a) Mapas morfo-estruturais da faixa do referido contato, os quais devem ser buscados nos escritórios da PETROBRÁS em Ponta Grossa.
- b) Fotografias aéreas da região na escala 1:25.000.
- c) Mapas planimétricos ou topográficos da referida faixa, na escala de 1:25.000.
- d) Localização de todos os canyons ou gargantas dos rios que contém esse contato em situação semelhante ao do Rio S. José.
- e) Visita e reconhecimento in loco desses canyons.
- f) Localização cartográfica de todas as ocorrências e seleção das melhores.
- g) Execução de pequenos furos e trincheiras para amostragem de trona nas ocorrências selecionadas.
- h) Dimensionamento das ocorrências mais significativas após a obtenção o exame químico do minério (teor em  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{NaCl}$ , etc).
- i) Avaliação econômica dos depósitos.
- j) Gênese das jazidas.
- k) Plano de aproveitamento econômico.

A trona é um evaporito tipicamente não marinho, própria de depósitos lacustrinos e de eflorescência em regiões de climas áridos. Potencialmente, o sudoeste de Goiás, nos tempos carboníferos, pode ter reunido condições paleogeológicas favoráveis para formação de depósitos de trona comercialmente exploráveis, autigênicos.

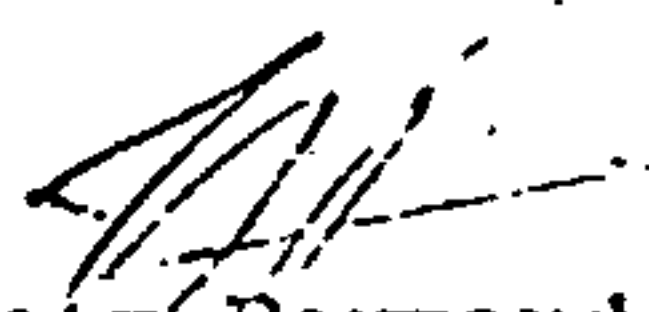
Por outro lado, pela bibliografia anexa, verifica-se que há enormes jazidas de trona em sedimentos terciários no sudoeste do Estado de Wyoming, USA.

As reservas são da ordem de 50 bilhões de toneladas. Os trabalhos de mineração são relativamente recentes, datam de 1959. Presentemente, a Companhia Stauffer Chemical Co. produz cerca de 1.000.000 toneladas de barrilha pela mineração da trona do Wyoming. O método de mineração é de câmaras e pilares abandonadas.

nados e utiliza-se equipamento comumente empregado nas minas de carvão. A capacidade da Usina de Tratamento é de 175 milhões de toneladas de minério por ano.

É conveniente, pois, que a Alcalis promova, com equipe qualificada, visita e estágio nas nossas minas. As observações feitas por seus geólogos e engenheiros de minas serão extremamente úteis para o estudo e compreensão de nossos possíveis jazimentos de trem na região do Estado de Goiás. Após esses contatos, a Alcalis estaria em condições de entrar em entendimentos com a CPRM a fim de estudar a possibilidade de executar, por contrato de serviços, um estudo geológico das áreas de interesse já que ela, infelizmente, não tem estrutura para efetuar-lo com seus próprios meios.

Atenciosamente,



Gerson Fernandes

Anexo: Pesquisa Bibliográfica da trem (PETROBRAS)

GF/AEMS

*Swanson*

## POSSIBLE ECONOMIC VALUE OF TRONA-LEONARDITE MIXTURES

By VERNON E. SWANSON and TOM G. GING, Denver, Colo.

**Abstract.**—Experiments indicate that simple addition of water to mixtures of untreated trona and otherwise insoluble leonardite yields a rich, black, slightly alkaline solution of concentrated humic substances. Prices of both trona ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) from Wyoming and leonardite (naturally oxidized coal) from South Dakota and Wyoming are very similar, \$10–\$30 per ton. The dissolved mixture could be used, for example, as a liquid soil conditioner or leaf spray-micronutrient fertilizer with desired chelate-elements added, or as a leach solution for secondary recovery of ore metals or for capture of toxic metals from industrial wastes.

Leonardite is the term commonly given to naturally weathered, oxidized coal that is readily soluble in slightly alkaline water (Fowkes and Frost, 1960; Freeman and Fowkes, 1968). Several tens of thousands of tons of leonardite is produced annually in North Dakota and Wyoming from Tertiary lignite and Upper Cretaceous subbituminous coal, mainly for use as a drilling-mud additive, as a base for soil conditioners or micronutrient fertilizers, or as an organic, combustible binder for taconite-iron ore. The characteristics of value in these uses of leonardite are its water solubility and its hydrophyllic and metal- sorptive properties.

Trona, a saline mineral with the composition  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , exists in huge bedded deposits in the Eocene Green River Formation of southwestern Wyoming (Culbertson, 1966). Nearly 4 million tons of trona is mined annually in Wyoming, mainly for production of soda ash that is used in the manufacture of glass, paper, and detergents, and also in many processes of the chemical and petroleum industries.

Both leonardite and trona are cheaply produced in great quantities, with prices of each in the range of \$10–\$30 per ton.

The amount of leonardite that is readily soluble in ordinary water is variable, but it is generally less than 5 percent. If the water is made slightly alkaline, however, the amount that is readily soluble increases greatly, to as much as 90 percent of the raw leonardite. Generally, relatively expensive chemicals such as ammonia or sodium hydroxide are added to the water to increase alkalinity for leonardite solubilization. Such chemicals can be dangerous and difficult to handle, and these drawbacks have limited some of the uses of leonardite, but we suggest here that these limiting factors can be overcome by

crude mixtures of trona and leonardite. Addition of available water to the mixture yields a rich black solution of sodium-humic substances that may be adapted or processed for a variety of additional uses.

With this possibility for potentially increased use of leonardite, a series of experiments was run to establish the controlling factors on the relative amounts of trona and leonardite needed to result in maximum solubility of leonardite and optimum pH values.

### SOURCE OF SAMPLE MATERIAL

Some 55 samples of weathered lignite and subbituminous coal containing leonardite were collected in 1968 and 1969 in North Dakota and Wyoming. Many of these samples were subsequently analyzed to determine solubility in distilled and alkaline water, and to determine the organic and inorganic composition of the original sample and its soluble products. For this study, a representative sample of leonardite produced in each of the two States was used. The North Dakota sample (No. P-7) was collected in Bowman County (SW¼SE¼ sec. 33, T. 131 N., R. 99 W.) from the Peerless strip mine, which produces about 20,000 tons of leonardite per year. We are grateful to Herman Oster, mine superintendent, for his assistance and cooperation in collecting samples. The Tertiary geology and the coal reserves of Bowman and Slope Counties, N. Dak. have been described by Kepferle and Culbertson (1955).

The Wyoming leonardite sample (No. PPL-1) was collected from the leonardite storage pile at the strip mine (NE¼ sec. 10, T. 35 N., R. 75 W.) which provides the coal for the Pacific Power and Light Co.'s electricity generating plant at Glenrock, Converse County. The leonardite is selectively mined from the outcrop and back 20–50 feet along the coal bed during the stripping operation. Enough leonardite to fill several railroad cars is mined and shipped each month. Another sample, of low-grade leonardite (No. PPL-2), was collected at the mine at a site where the coal bed was under about 25 feet of overburden. The assistance of W. L. Potter, mine superintendent, during collecting of samples was greatly appreciated. The geology of the Glenrock coal field was described by Shaw (1909).

Several samples of trona were collected in 1971 from mines near Green River, Sweetwater County, Wyo. The sample used in this study from that collection was of the "maple-sugar" type, representative of trona mined from the Lower Big Island bed of economic usage at a depth of 730 feet in the Stauffer Chemical Co.'s mine (sec. 15, T. 20 N., R. 109 W.). Dr. L. E. Mannion, the company's chief geologist, guided and assisted us while we were at the mine. An excellent and complete description of the geology, mineralogy, and mining of trona in southwestern Wyoming has been presented by Parker and Mannion (1971).

The sample of nahcolite ( $\text{NaHCO}_3$ ), which was used to test its solubility characteristics with those of leonardite and water, was collected by John R. Dyni from the Mahogany zone of the Green River Formation at the Anvil Points mine (SW $\frac{1}{4}$  sec. 12, T. 6 S., R. 95 W.) in Garfield County, Colo. The general geologic relations and resources of nahcolite in northwest Colorado were described by Hite and Dyni (1967).

The samples of leonardite, trona, and nahcolite that were used in the laboratory experiments were crushed to pea size or smaller, but otherwise were untreated.

#### EXPERIMENTS AND RESULTS

A preliminary set of experiments established that leonardite was readily soluble in water solutions of trona. Using 200 ml of triply distilled water and varying the amount of trona needed to dissolve the maximum amount of 1.0 g of leonardite (P-7), we obtained the following results:

| Ratio,<br>trona: leonardite | Percentage leonardite<br>dissolved |
|-----------------------------|------------------------------------|
| 0:1                         | 0.4                                |
| 1:10                        | 7.1                                |
| 1:2                         | 65.9                               |
| 1:1                         | 85.4                               |
| 1:0.33                      | 84.7                               |

As indicated by this set of experiments, less than 1 percent of the leonardite is soluble in distilled water, and the maximum percentage of leonardite is dissolved in a mixture of 1 part trona to 1 part leonardite.

For comparison, 86.6 percent of this North Dakota leonardite (P-7) and 69.7 percent of the Wyoming leonardite (PPL-1) were dissolved when the standard laboratory method using ammonium hydroxide (0.1 N  $\text{NH}_4\text{OH}$ ) was followed. For ease of comparing the results of the experiments, the weight ratios of trona (or nahcolite) to leonardite have been converted to 1 part trona (or nahcolite) to different amounts of leonardite. All analyses were run at room temperature (22°C) with triply distilled water.

In a second set of experiments, variable amounts of leonardite were mixed into a prepared solution of 1 g of trona per 300 ml of water, producing these results:

| Leonardite<br>sample No. | Ratio,<br>trona: leonardite | Percentage leonardite<br>dissolved |
|--------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| P-7                      | 1:1.2                       | 75.6                               |
|                          | 1:0.6                       | 79.4                               |
|                          | 1:0.3                       | 80.4                               |
| PPL-1                    | 1:1.2                       | 43.3                               |
|                          | 1:0.6                       | 51.4                               |
|                          | 1:0.3                       | 55.2                               |

In a third set of experiments, the same procedure was followed using a nahcolite solution, which yielded the following results:

| Leonardite<br>sample No. | Ratio,<br>nahcolite: leonardite | Percentage leonardite<br>dissolved |
|--------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| P-7                      | 1:2                             | 23.4                               |
|                          | 1:1                             | 34.2                               |
|                          | 1:0.5                           | 45.6                               |
| PPL-1                    | 1:2                             | 9.8                                |
|                          | 1:1                             | 15.8                               |
|                          | 1:0.5                           | 22.4                               |

The second and third sets of experiments indicated that the North Dakota leonardite (P-7) is more soluble than the Wyoming leonardite (PPL-1), and that when using slightly less trona than leonardite (1:1.2 trona-leonardite mixture), about 75 percent of the leonardite dissolves. Nahcolite proved to be far less efficient than trona in solubilizing leonardite; even with twice as much nahcolite as leonardite (1:0.5), only one-third to one-half of the amount of leonardite that is soluble in a 0.1 N  $\text{NH}_4\text{OH}$  solution is soluble in a nahcolite solution.

A fourth set of experiments, in which dry mixtures of 0.5 g of leonardite (P-7) and variable amounts of trona were added to 150 ml of water and stirred, yielded the following results:

| Ratio,<br>trona: leonardite | Percentage leonardite<br>dissolved |
|-----------------------------|------------------------------------|
| 1:3                         | 38.9                               |
| 1:1.25                      | 76.6                               |
| 1:1                         | 78.2                               |
| 1:0.87                      | 78.2                               |

The solutions turned a dark brownish black within a few minutes after the dry mixtures were added and slowly stirred. Again, the results indicated that almost the maximum amount of leonardite, 76.6 percent, is dissolved in solutions in which trona is slightly less than leonardite.

The lack of precise regularity in the percentages of leonardite dissolved in the trona solutions is explained by the fact that both types of sample material, which were crushed to pea size or smaller, were not wholly homogeneous.

The pH of trona solutions, as determined from other data obtained during the experiments, ranged from 9.81 to 10.11 and averaged 10.0. These solutions ranged in concentration from 2.5 g of trona in 50 ml of water to 0.5 g of trona in 500 ml of water. The addition and mixing of leonardite in the trona solutions lowered the pH of the solutions as follows:

| Ratio,<br>trona:leonardite | pH of:<br>trona-leonardite solution |
|----------------------------|-------------------------------------|
| 1:0.6                      | 9.6                                 |
| 1:1                        | 9.3                                 |
| 1:1.25                     | 9.1                                 |
| 1:1.5                      | 8.9                                 |
| 1:2                        | 8.3                                 |
| 1:10                       | 7.0                                 |
| 0:1                        | 5.2                                 |

Thus, the alkalinity of a trona solution is lowered when leonardite is added. The optimum trona-leonardite mixture—the one with least alkaline pH and high leonardite solubility—appears to be about 1 part trona to 1½ parts leonardite. This mixture in water dissolves about 75 percent of the leonardite and leaves a solution of pH 8.9.

As with other soluble humic substances (Swanson and Palacas, 1965, p. 13-17), the dissolved leonardite can be readily precipitated from the trona-leonardite solution as a dark-brownish-black gel by adding hydrochloric or sulfuric acid to lower the pH of the solution to about 3. Allowed to settle, the overlying solution is clear and colorless or clear and very slightly yellow. The precipitate can be centrifuged, washed, and dried, resulting in a black, glistening brittle coallike material that has a very low ash content (average of 11 samples, 2.4 percent). The average composition of this material, calculated on a moisture- and ash-free basis, is 58.5 percent carbon, 3.3 percent hydrogen, 37.1 percent oxygen (by difference), and 1.1 percent nitrogen. The dried precipitate can, of course, be totally and readily redissolved in a trona solution.

The original ash content of the North Dakota leonardite (P-7) was 6.3 percent, and of the Wyoming leonardite (PPL-1) 16.7 percent. This ash content represents about one-half the insoluble material of both leonardite samples in a trona solution, the remaining half being coal that is insufficiently oxidized to become soluble.

As indicated, the North Dakota and Wyoming leonardites are not totally soluble. The natural process of conversion of subsurface lignite and subbituminous coal to leonardite is presumably a function of wetting and drying under oxidizing conditions in an arid climate. This process was simulated in the laboratory using a sample of low-grade leonardite (PPL-2) from Wyoming that was 16.3 percent soluble in 0.1 N  $\text{NH}_4\text{OH}$ . Five grams of this sample was placed in a flat-bottom dish in a laboratory hood under an infrared lamp positioned to keep the sample at a temperature of 55°–60°C. The sample was kept wet with distilled water for 12 hours and allowed to dry for 12 hours each day for 7 days, under a constant stream of air in the hood. At the end of the 7 days, a fraction of the completely dried sample was analyzed and determined to be 35.4 percent soluble. The test was continued for another 2 weeks on the remaining sample, but subsequent analysis showed that solubility was not measurably increased. Nevertheless, the experiment does suggest that the solubility of mined leonardite would be significantly increased if newly

mined leonardite is spread out on the ground in the sun and intermittently dampened.

### CONCLUSIONS AND POTENTIAL USES

Trona readily goes into solution in water, the solution having a pH of 9.8–10.1. Whereas less than 1 percent of North Dakota leonardite is soluble in distilled water, 78–85 percent is dissolved in water containing 1 part trona and 1 part leonardite; the resulting solution has a pH of about 9.3. When a mixture of 2 parts trona to 3 parts leonardite is added to water, about 75 percent of the leonardite is dissolved, producing a black solution having a pH of 8.9. Addition of very small amounts of mineral acids such as sulfuric, hydrochloric, or nitric acid readily produces a neutral solution, pH 7.0.

The sole major cation in a trona-leonardite solution is sodium, which is generally nontoxic to animals and non-deleterious to plants. Furthermore, sodium is the most easily replaced cation in ion-exchange or metal-sorption reactions in this humic acid-type solution. The solution thus lends itself to a variety of uses dependent upon these biologic and chemical factors.

Seemingly, the low cost of materials and the ease and speed of preparation would make the trona-leonardite mixture attractive for many applications and processes. A 100-pound bag of a 2:3 trona-leonardite mix costing \$1–\$2 could be simply added to 1,000 gallons of water to produce a rich, black solution that would serve as a very inexpensive base for the following uses:

- A. A soil conditioner or leaf spray. Water-soluble metal salts could be easily added in desired amounts, and the micronutrient metals would be chelated by the dissolved leonardite in a form readily available to plants (Martell, 1957; Swanson and others, 1966, p. C176; Wallace, 1971). More generally, agriculturalists have long recognized the necessity of maintaining an adequate concentration of humate material in productive soils, but the difficulty and expense of application of this material have frequently restricted its use (Burdick, 1965). The trona-leonardite mix could well be the product to overcome these restrictive factors.
- B. A leach solution for ionic metal capture. The sodium-organic bond in the trona-leonardite solution is very weak, and as a result the sodium is readily displaced by a large number of metals, for example cobalt, copper, mercury, nickel, lead, uranium, or zinc. Such a leach solution could be applied to secondary recovery of metal from ore dumps (Mining Engineering, 1971), concentration of deleterious or toxic metals from industrial wastes, or addition to acid mine water to simultaneously neutralize the acidity and remove toxic metals.

- C. A spray for chemical stabilization of acid mine tailings and simultaneous stimulative for vegetative restoration of tailings (Dean and others, 1971).
- D. A spray dye for any water-absorbing material.
- E. A surfactant additive to improve secondary recovery of oil.

## REFERENCES

- Bardick, E. M., 1965, Commercial humates for agriculture and the fertilizer industry: *Econ. Botany*, v. 19, no. 2, p. 152-156.
- Culbertson, W. C., 1966, Trona in the Wilkins Peak Member of the Green River Formation, southwestern Wyoming, in *Geological Survey Research 1966*: U.S. Geol. Survey Prof. Paper 550-B, p. B159-B164.
- Dean, K. C., Havens, Richard, and Valdez, E. G., 1971, USBM finds many routes to stabilizing mineral wastes: *Mining Eng.*, v. 23, no. 12, p. 61-63.
- Fowkes, W. W., and Frost, C. M., 1960, Leonardite, a lignite byproduct: U.S. Bur. Mines Rept. Inv. 5611, 12 p.
- Freeman, P. G., and Fowkes, W. W., 1968, Coal-derived humus, plant growth effects: U.S. Bur. Mines Rept. Inv. 7203, 16 p.
- Hite, R. J., and Dyni, J. R., 1967, Potential resources of dawsonite and nahcolite in the Piceance Creek basin, northwest Colorado, in *Symposium on oil shale*: Colorado School Mines Quart., v. 62, no. 3, p. 25-38.
- Kepferle, R. C., and Culbertson, W. C., 1955, Strippable lignite deposits, Slope and Bowman Counties, North Dakota: U.S. Geol. Survey Bull. 1015-F, p. 123-132.
- Martell, H. J., 1957, The chemistry of metal chelates in plant nutrition: *Soil Sci.*, v. 81, p. 13-26.
- Mining Engineering*, 1971, Australian breakthrough in metals extraction [using brown coal]: *Mining Eng.*, v. 23, no. 10, p. 68.
- Parker, R. B., and Munnion, L. E., eds., 1971, Trona issue: Wyoming Univ. Contr. Geology, v. 10, no. 1, 72 p.
- Staw, E. W., 1909, The Glenrock coal field, Wyoming, in *Coal fields of Wyoming*: U.S. Geol. Survey Bull. 341-B, p. 151-164.
- Swanson, V. E., Frost, I. C., Rader, L. F., Jr., and Huffman, Claude, Jr., 1966, Metal sorption by northwest Florida humate, in *Geological Survey Research 1966*: U.S. Geol. Survey Prof. Paper 556-C, p. C174-C177.
- Swanson, V. E., and Palacas, J. G., 1965, Humate in coastal sands of northwest Florida: U.S. Geol. Survey Bull. 1214-B, 29p.
- Wallace, Arthur, 1971, Regulation of micronutrient status of plants by chelating agents and other factors: Los Angeles, pub. by author (printed by Edwards Bros., Inc., Ann Arbor, Mich.), 309 p.