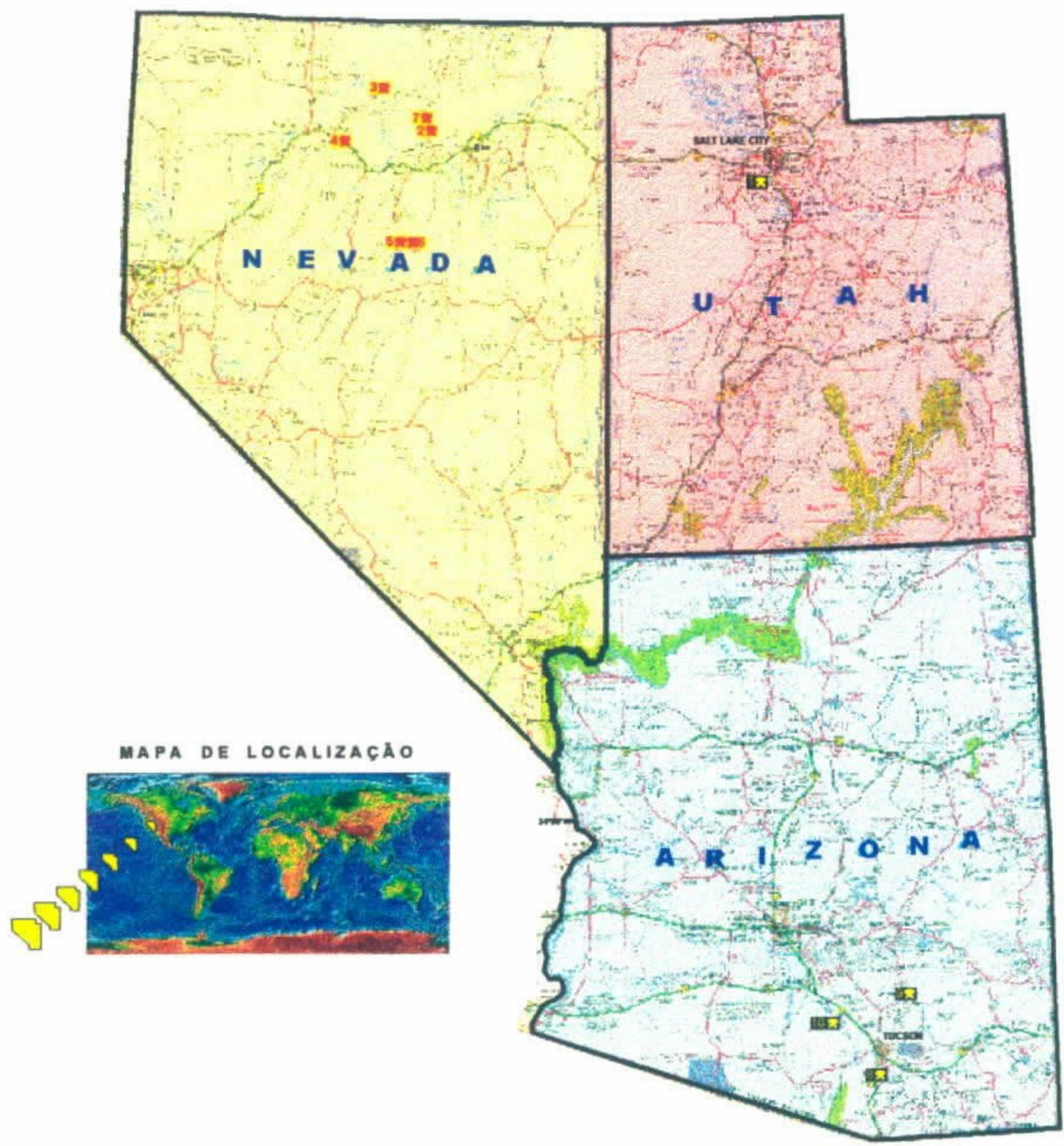




MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
Secretaria de Minas e Metalurgia  
CPRM – Serviço Geológico do Brasil

**RELATÓRIO DE VIAGEM AO SW AMERICANO**  
(para visita às minas de ouro tipo *Carlin* e de Cu-pórfiro)

Maria Telma Lins Faraco



Ministério  
de Minas  
e Energia  
Janeiro de 1999



# SUMÁRIO

---

## APRESENTAÇÃO

### 1. INTRODUÇÃO 2

1.1. Objetivo 2

1.2. Acesso 2

1.3. Programa de viagem 3

### 2. GEOLOGIA 4

#### 2.1. Depósitos tipo *Carlin* 4

2.1.1. Considerações gerais 4

2.1.2. Mineralizações 6

2.1.3. Os depósitos tipo *Carlin* 6

2.1.4. Idade das mineralizações na Grande Bacia 7

2.1.4.1. Considerações genéticas 8

#### 2.2. Depósitos tipo Cu-pórfiro 9

2.2.1. Considerações gerais 9

2.2.2. Arcabouço geotectônico regional 10

2.2.3. Metalogênese regional 11

2.2.4. Características dos depósitos do sudoeste americano comparadas àquelas dos depósitos de Cu-pórfiro de outras regiões 12

2.2.5. Características essenciais que definem os depósitos tipo Cu-pórfiro 14

### 3. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 14

### 4. AGRADECIMENTOS 16

### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 17

## ANEXOS

## APRESENTAÇÃO

---

O presente documento relata a viagem da geóloga Maria Telma Lins Faraco, no período de 11 a 26 de setembro de 1998, à região sudoeste dos Estados Unidos da América do Norte, na qualidade de representante da CPRM - Serviço Geológico do Brasil, em um grupo de doze geólogos, ligados à diversas empresas nacionais e multinacionais e instituições públicas nacionais, a grande maioria atuante na área de exploração mineral.

A viagem, organizada e comandada pela ADIMB - Agência para o Desenvolvimento Tecnológico da Indústria Mineral Brasileira, consistiu na primeira de uma série de visitas previstas pela citada agência em áreas mineralizadas, mundialmente conhecidas e estudadas, objetivando o intercâmbio de conhecimento e o debate acerca das gêneses dos depósitos minerais.

A expedição científica representa um projeto da ADIMB, aprovado pelo Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico - PADCT, para visita às minas de ouro do tipo Carlin, no estado de Nevada e do tipo Cu- Pórfiro nos estados de Arizona e Utah.

O Dr. Charles Thorman do *United States Geological Survey* (Denver), coordenou os seminários e visitas aos depósitos de ouro tipo Carlin em Nevada, e ao depósito de Cu-pórfiro de Bingham, em Utah. Enquanto que o Dr. Spencer Titley, da Universidade do Arizona (Tucson) comandou os seminários e visitas aos depósitos de Cu-Pórfiro no estado do Arizona. Além desses coordenadores, o grupo contou com a assessoria de especialistas e guias em todos os locais visitados.

Tal tipo de intercâmbio técnico-científico deve ser sempre fomentado e exercido pelo Serviço Geológico do Brasil, dada sua importância no desenvolvimento profissional dos participantes, na medida que permite uma visão consubstanciada sobre a gênese das mineralizações e as condições técnicas de exploração das jazidas.

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1. Objetivo**

A viagem realizada no período de 11 a 26 de setembro de 1998 pela geóloga Maria Telma Lins Faraco, à região sudoeste dos Estados Unidos, faz parte de um projeto da ABIMB - Agência para o Desenvolvimento Tecnológico da Indústria Mineral Brasileira, aprovado pelo PADCT - Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico, para o conhecimento das minas de ouro tipo Carlin em Nevada e tipo Cu-Pórfiro em Arizona e Utah, por um grupo de doze geólogos vinculados à empresas que atuam na exploração mineral, à Universidades e ao Serviço Geológico do Brasil.

O objetivo da expedição foi promover o intercâmbio técnico-científico entre o grupo de geólogos brasileiros e estrangeiros que trabalham no Brasil e as diversas equipes de profissionais que atuam nas empresas contactadas, através da visita de minas de ouro e de cobre do SW americano, visando ampliar o conhecimento do mencionado grupo acerca do condicionamento geológico daqueles tipos de depósitos, suas linhas de pesquisa, prospecção e exploração mineral.

### **1.2. Acesso**

O acesso à região visitada foi feito via aérea de Belém ao Rio de Janeiro, onde aconteceu o encontro de todos os componentes do grupo, vindos de suas respectivas cidades, e a partida em voo da Delta Airline para Atlanta, na porção oriental dos EUA. Ali os participantes embarcaram em mais um voo da Delta para Salt Lake City, capital de Utah, no sudoeste americano, onde teve início a excursão.

A partir daí todo o deslocamento foi rodoviário, através da *National Interstate Highway 80*, até Elko, onde o grupo permaneceu por seis dias, após os quais retornou a Salt Lake City para voar até Tucson, no Arizona. Nesse estado a mobilização foi somente rodoviária durante os seis dias de visitaçã, com posterior retorno ao Brasil, via aérea, a partir daquela cidade.

### 1.3 Programa de viagem

A equipe técnica foi liderada pelo professor Hardy Jost, da UnB, devidamente assessorado pelo geólogo Luis Henrique Grossi, da GEOSOL. Além desta relatora, representando a CPRM - Serviço Geológico do Brasil, fizeram parte do grupo três geólogos da Gold Fields, dois da DOCEGEO, dois docentes (UNISINOS e UFMG), um geólogo da BHP e um da CBPM.

No período de 12 a 19 de setembro, as atividades concernentes às visitas ao depósito de Bingham em Utah e àqueles do tipo Carlin em Nevada, foram coordenadas e organizadas pelo Dr. Charles Thorman (USGS - Denver). De 20 a 25 de setembro, o Dr. Spencer Titley (Universidade do Arizona - Tucson) proferiu seminário e organizou as visitas aos depósitos de Cu- pórfiro. A figura 1 mostra a localização das minas visitadas.

O primeiro alojamento em 12.09 foi em Salt Lake City, no hotel *Holliday Inn*, onde o grupo permaneceu por um dia para no dia seguinte visitar Bingham e posteriormente partir para Elko, ponto de apoio para a visitaçã aos depósitos tipo Carlin, onde o grupo ficou alojado no *Ameritel Inn*. Todos os dias entre seis e sete horas da manhã partia-se, via rodoviária, para os locais a serem conhecidos, lá permanecendo durante todo o dia, com retorno à Elko no final da tarde ou início da noite.

Tucson foi a cidade - base das atividades relativas aos depósitos tipo

Cu-pórfiro de Arizona. A equipe técnica ficou hospedada no Hotel Plaza, onde foi realizado o seminário sobre os aludidos depósitos do SW americano pelo Dr. Spencer Titley e de onde saiam diariamente os participantes às sete da manhã, para os diversos locais visitados, com retorno no final da tarde.

## 2. GEOLOGIA

### 2.1. Depósitos do tipo Carlin

#### 2.1.1. Considerações gerais

A Grande Bacia de Nevada e W de Utah (fig. 2), agrupa os depósitos tipo Carlin visitados, consistindo em uma província aurífera de ordem planetária, portadora de algumas das maiores minas de ouro ativas do mundo. A produção mundial de ouro no período 1983 a 1993 praticamente dobrou (de 1.337 a 2.290 t) e a produção de ouro dos Estados Unidos, grande parte da qual proveniente de Nevada, cresceu mais que seis vezes nesse mesmo período – de 50 a 330t (Thorman et al.1994).

A história geológica dessa bacia a partir do Neoproterozóico, resultou em um padrão estrutural complexo. Em seguida ao *rifteamento* neoproterozóico ao longo da margem ocidental do cráton Norte Americano, foi estabelecido um regime deposicional miogeoclinal e eugeoclinal paralelo, de *trend* N – S, até o Mesozóico.

O miogeoclineo consistia em uma sequência plataformal siliciclástica – carbonática que bordejava o cráton, cuja espessura aumentava para oeste em direção ao eugeoclineo. Este, uma sequência de rochas siliciclásticas, chert e vulcânicas máficas, a qual bordejava a plataforma carbonática de maneira interdigitada, através de uma fácies transicional (fig.3).

Entre o Devoniano Superior e o Triássico Inferior, três eventos orogênicos compressivos de vergência oeste-leste condicionaram um encurtamento crustal regional na Grande Bacia da ordem de 200km (Thorman

op. cit.) (fig.4). Durante a orogenia *Antler* que começou no Devoniano Superior e se entendeu até o Mississipiano as rochas da sequência eugeoclinal foram cavalgadas, de oeste para leste, sobre a sequência miogeoclinal (fig.4 e 5 a,b). A orogenia *Humboldt* consistiu em um evento restrito ao Pensilvaniano Superior, enquanto que durante a orogenia *Sonoma*, um evento do Permiano Superior até o Triássico Inferior, as rochas foram cavalgadas no sentido leste e obstruídos parte dos registros das orogenias precedentes (fig.4 e 6).

Dois eventos compressivos de vergência para leste no Mesojurássico (orogenia *Elko*) e do Cretáceo Superior até o Terciário Inferior (orogenia *Sevier*), encerraram o duradouro padrão deposicional emparelhado. A primeira está espacialmente restrita à área paleozóica miogeossinclinal, incluindo cavalgamento e metamorfismo regional, plutonismo, além de falhamento extensional. A orogenia *Sevier* ocorreu na mesma região da orogenia *Elko*, estendendo-se no entanto mais para leste no cráton paleozóico, sendo caracterizada por cavalgamento, dobramento subordinado, plutonismo e metamorfismo regional do miogeoclíneo (fig.4 e 7). O encurtamento crustal durante esses dois eventos provavelmente foi superior a 300 km (Thorman op. cit).

Há aproximadamente 45 M.a o padrão geológico da Grande Bacia mudou gradualmente de orogenias compressivas para extensionais, culminando na orogênese *Basin and Range*. O tectonismo extensional foi acompanhado por amplos episódios vulcânicos continentais. Essa troca no padrão tectônico, de compressivo para distensivo, foi irregular no tempo e espaço, e uma superposição dos dois estilos levou no mínimo 15 Ma.

A orogênese extensional cenozóica está dividida em quatro grandes eventos, considerando-se a distribuição da atividade ígnea:

- 1) 43 – 34 M.a – fluxos de lavas andesíticas à riolíticas, com localmente volumosos fluxos de tufo silicosos e relativamente volumosos plutons graníticos.

2) 34 – 17 M.a – volumosos tufos quartzo – latíticos a riolíticos, com basaltos esparsos e plutons intermediários a graníticos.

3) 17 – 6 M.a – basaltos, riolitos bimodais e basaltos, riolitos ricos em sílica e andesito, com intrusões de granitos e rochas intermediárias. Neste intervalo ocorreu a presente configuração fisiográfica de bacias e cadeias de montanhas (*Bacins & Ranges*).

4) Mais jovem que 6 M.a - fluxos de lavas e cones de cinzas basálticas, com riolitos e andesitos subordinados.

### 2.1.2. Mineralizações

Os depósitos de ouro na Grande Bacia ocorrem em uma ampla variedade de padrões estruturais e de rochas hospedeiras. O ouro, geralmente submicroscópico, encontra-se principalmente disseminado em rochas sedimentares e vulcânicas, skarnitos ou veios (fig.8 – tabela 1). Ainda que quase todos os tipos de rochas de qualquer idade tenham sido mineralizados, há certos litotipos e idades que são hospedeiros mais comuns. Assim, de acordo com a figura 9 e a tabela 1, as idades das rochas hospedeiras das mineralizações auríferas variam de proterozóicas à pleistocênicas e holocênicas. Todavia, a grande maioria das rochas hospedeiras é sedimentar paleozóica.

### 2.1.3. Os depósitos tipo *Carlin*

O *trend Carlin* é um alinhamento NNW de depósitos auríferos, de 60 km de extensão, localizado a NE de Nevada, na Grande Bacia do oeste americano (fig.8). Os depósitos são hospedados em rochas do Ordoviciano até o Mississipiano Inferior. Em alguns depósitos, a mineralização hospedada em enxames de diques cretáceos e terciários e no *stock* granodiorítico *Goldstrike*,



constitui até 15% do material mineralizado (Teal e Jackson, 1997).

Levando-se em conta a produção passada, reservas e potencial, o *trend Carlin* forma a maior e mais produtiva acumulação de depósitos de ouro na América do Norte. Mais de 40 depósitos isolados foram individualizados desde 1961, quando a mineralização de ouro disseminada em rochas carbonáticas foi descoberta. A partir daí, surgiu uma classificação para este estilo de mineralização, referido como *tipo Carlin*. Até 1997, mais de 25 milhões de onças (~ 750t) foram explotadas no *trend Carlin* (Teal e Jackson – op. cit).

#### 2.1.4. Idade das mineralizações na Grande Bacia

As mineralizações no *trend Getchell* são consideradas do Cretáceo Superior, enquanto que aquelas situadas nos outros três *trends* (Carlin, Battle Mountain-Eureka e Independence), as idades no intervalo Eoceno Superior – Oligoceno Inferior, aparentemente são mais pertinentes com os dados, ainda que poucos desses depósitos tenham sido conclusivamente datados. A figura 10 mostra a relação entre as idades prováveis das mineralizações e os tipos de depósitos.

Muitos autores consideram que os depósitos do tipo Carlin foram formados no Terciário Médio (42 – 30 M.a), logo após o episódio magmático calcialcalino distensivo na região, o qual marca a transição do tectonismo compressivo, associado à orogênese cordilheiriana, para o distensivo que levou eventualmente à formação de núcleos metamórficos complexos. Na figura 11 constata-se a coincidência temporal entre as duas maiores fases de deformação distensiva terciária e os dois maiores eventos mineralizantes. A figura 12 exhibe a clara relação temporal e espacial entre os depósitos tipo Carlin e o magmatismo extensional com vergência para sul.

#### 2.1.4.1. Considerações genéticas

A origem dos depósitos de ouro na Grande Bacia é relacionada a um amplo processo de estabelecimento de grandes células de convecção portadoras da mineralização. O mecanismo mais frequentemente citado para a instalação de tais células é o *emplacement* de grandes plutons ao longo de descontinuidades crustais e de falhas extensionais.

Todavia, ainda que a atividade ígnea concorra para o desenvolvimento das células de convecção em algumas áreas, através do aumento do fluxo de calor, ela não contribui substancialmente na introdução de metais ou água. Assim, a mencionada atividade não é considerada um fator crítico em muitos sistemas mineralizados.

Os dados de isótopos de S dos depósitos tipo Carlin são atualmente utilizados no entendimento da gênese da mineralização, uma vez que permitem a caracterização da(s) fonte(s) do S e o processo gerador de H<sub>2</sub>S. O conhecimento destes parâmetros é muito importante, uma vez que os depósitos foram formados através de fluidos ricos em H<sub>2</sub>S (e pobres em SO<sub>4</sub>) transportadores do ouro sob forma de complexo bisulfeto.

Hofstra (1997) considerou três modelos genéticos distintos para os depósitos tipo Carlin, de acordo com a origem dos fluidos mineralizantes: 1) *modelo meteórico*, em que a água da chuva evoluiu para um fluido mineralizante, a partir de intensa circulação nas rochas; 2) *modelo metamórfico*, segundo o qual os fluidos transportadores do ouro são gerados por reações de devolatilização metamórfica em níveis profundos e 3) *modelo de disseminação distal*, onde os fluidos mineralizantes são derivados de magmas. Existe ainda um quarto modelo que consiste na combinação daqueles mencionados.

Os dados isotópicos preliminares revelam uma grande variação na composição isotópica do <sup>34</sup>S, incompatível com uma fonte magmática

homogênea de H<sub>2</sub>S, não obstante a restrição de idade (42 a 30 Ma) dos depósitos e sua considerável correspondência com as rochas ígneas de 43 a 34 Ma, sugerir uma conexão magmática. Ao contrário, a preponderância dos dados isotópicos indicam que o H<sub>2</sub>S foi derivado de uma variedade de fontes sedimentares, sugerindo que o ouro também tenha sido proveniente de rochas sedimentares. Nesse caso, o magmatismo apenas forneceu o calor necessário para mobilizar a circulação do fluido e/ou estimular as reações de devolatização metamórfica.

Assim, os dados isotópicos são compatíveis tanto com o *modelo meteórico* como com o *metamórfico*, ainda que exista alguns poucos distritos compatíveis com o modelo de disseminação distal. No entanto, Hofstra (op. cit.) chama atenção que tais estudos isotópicos são necessários para um melhor entendimento dos depósitos e suas reações com o padrão tectônico do Terciário Médio.

## **2.2. Depósitos tipo Cu – pórfiro**

### **2.2.1. Considerações gerais**

Os depósitos de Cu – pórfiro do SW americano, situados nos estados de Utah, Nevada e, principalmente, na posição central e meridional do Arizona e regiões contíguas do Novo México e México, configuram uma significativa província metalogenética do planeta. O considerável acervo de informações geológicas e de engenharia de minas sobre os mesmos, resultam do estudo e da atividade mineira contínuos desde o século IXX, representando a base do conhecimento desse tipo de mineralização.

Essa província contém cerca de 50 depósitos de Cu – pórfiro conhecidos, cujo minério há muito tempo é a principal fonte de cobre e elementos associados (Mo, Ag, localmente Au e W) dos Estados Unidos e

México. Alguns distritos também contêm Pb e Zn. A figura 13 fornece a localização de 37 depósitos que já foram descritos na literatura, e a listagem com dados de teores, tonelagens e reservas (tabelas 2).

Além de sua importância econômica, os depósitos de Cu – pórfiro desta região foram os primeiros a ser identificados e descrito em sua classe genética, tendo permanecido como principais exemplos do tipo. Os intensivos estudos desses depósitos nas últimas décadas deste século, resultaram no desenvolvimento de muitos fatos e idéias significantes sobre gênese de minério hidrotermal. Por esta razão, eles ainda continuam sendo importantes objetos de pesquisas.

#### 2.2.2. Arcabouço geotectônico regional

O Arizona possui uma história geológica complexa que remonta a mais de 1,8Ga, tendo resultado na formação de três províncias geológicas: *Colorado Plateau*, *Basin and Range Province* e *Transition Zone* (fig. 14). O *Colorado Plateau*, no norte do estado é na região de grandes plateaus e mesas, compostos de pitorescas rochas sedimentares vermelhas, alaranjadas e cinza, depositadas durante o Paleozóico e Mesozóico. A *Basin and Ranges Province* do sul e oeste é caracterizada por alternância de cadeias de montanhas (*ranges*) e amplos vales (*basins*). Essa província contém rochas de vários tipos e idades, as quais foram intensamente deformadas durante o Mesozóico e o Cenozóico. Muitas das bacias nessa província foram formadas por falhamentos durante o Cenozóico Superior (30-5 M.a), as quais geralmente contêm espessas camadas de sedimento, que são os principais aquíferos da região. A *Transition Zone* se estende segundo NW-SE, através da parte central do estado. A maioria dos minerais metálicos (Cu, Au, Ag, etc.) está na província *Basin and Range* e na *Transition Zone*, onde eles estão associados, respectivamente, às rochas intrusivas do Cretáceo Superior-

Terciário e rochas pré-cambrianas. Os recursos energéticos (carvão, óleo e gás) são produzidos no *Colorado Plateau*.

As mineralizações de Cu-pórfiro do SW americano ocorrem em rochas do cráton, no ou acima do embasamento proterozóico. Com exceção de apenas um depósito (Bisbee), todos estão em cinturões paralelos à margem continental da orogênia *Laramide* (80 – 50 M.a). estendendo-se algo entre 350-400 km para o continente (fig. 15). Os efeitos do caráter compressivo do referido evento, são interpretados a partir da geometria de fraturas nos depósitos Cu-pórfiros (Titley-1998), poucas evidências são consideradas para estabelecer uma ligação metalogenética ou petrogenética com a crosta oceânica subductada. Ainda que as modificações tectônicas de transporte de baixo ângulo no Terciário Médio, resultaram no deslocamento de alguns depósitos, não existe evidência para sugerir origens para oeste, fora do cráton.

O estilo de evolução da orogenia *Laramide* no sul do Arizona, consistiu predominantemente em soerguimentos nucleados do embasamento. O evento tectônico do Terciário Médio, associado com subducção oblíqua, estenderam a região, tendo como consequência soerguimentos diferenciais que exibiram e modificaram os depósitos. Tais efeitos estão ainda sendo entendidos e sua natureza tem implicações profundas nas futuras descobertas de corpos de minérios “escondidos” (Titley-1998).

### 2.2.3. Metalogênese regional

Os depósitos do tipo Cu-pórfiro do Arizona representam um estilo de minério epigenético da região, existindo outros dos quais incluem-se veios e corpos substituindo veios, bem como aparentes minérios pré-cambrianos sin-sedimentares e sin-vulcânicos. Muitos distritos de Cu-pórfiro encontram-se em regiões de intrusões mesozóicas mais antigas, tendo sido superimpostos por mineralizações relacionadas a eventos mais jovens do Terciário.

As datações K/Ar das rochas relacionadas aos minérios do tipo Cu-pórfiro, exibem padrões de distribuição temporal dos depósitos *Laramide* ((80-50 M.a), nos quais os cinturões tornam-se mais jovens no sentido SW (fig. 15). Os estudos petrológicos e isotópicos nas suítes de rochas intrusivas associadas ao minério, revelam histórias complexas de evolução e fontes de fluidos de origens variadas, não consistentes com uma única fonte relacionada à crosta oceânica subductada.

Os magmas dos depósitos de Cu-pórfiro do Arizona foram *emplaced* em uma grande variedade de rochas encaixantes. Eles podem ocorrer tanto no âmbito de um *mobile belt* que se estende entre exposições soergidas do embasamento pré-cambriano e o batólito costeiro da Baixa Califórnia (fig. 15). Dentro desses cinturões de ocorrência, uma sucessão de estratos marinhos paleozóicos, dominados por rochas carbonáticas, encontra-se agora sobreposta por sedimentos clásticos e rochas vulcânicas mesozóicas, distribuídos de maneira errática. As rochas mais jovens pré-mineralização são vulcânicas, principalmente andesito e subordinadamente riolito, este intimamente relacionado aos minérios.

Uma importante característica dos depósitos Cu-pórfiros, especialmente aqueles do Arizona, é a presença de uma grande quantidade de minério explotável e de reservas, em vários tipos de rochas hospedeiras, além dos pórfiros

#### 2.2.4. Características dos depósitos do SW americano comparadas àquelas dos depósitos de Cu-pórfiro de outras regiões

Algumas características das mineralizações do SW americano contrastam intensa e significativamente àquelas de mineralizações do mesmo tipo, em outras regiões. As feições contrastantes abaixo relacionadas, são devidas ao ambiente geotectônico e não ao processo de formação do minério:

- ✓ Os minérios da região visitada foram desenvolvidos sobre e em uma espessa (40 km) crosta cratônica – contrário ao ambiente de arcos de ilhas oceânicas (ex. Panguna), a crosta oceânica (ex. cinturão alcalino de *British Columbia*) ou a mistura de crosta oceânica e continental (ex. depósitos andinos).
- ✓ Com exceção de Bisbee (Triássico-Jurássico), todos os depósitos datados no Arizona são de idade *Laramide* (70-55 M.a), consistindo em uma significativa e restrita época metalogenética.
- ✓ Os dados isotópicos dos plutons mostram uma evolução de magmas que, em nível mais primitivo, são cerca de 50% provenientes do manto, evoluindo para magmas de pórfiros jovens, os quais são mais que 95% crustais.
- ✓ Atualmente, apenas em alguns poucos depósitos da região são lavrados minérios hipogênicos. Na grande maioria deles, durante a década de 90, são lavrados tanto minérios oxidados e sulfetados misturados (hipogênicos e supergênicos), ou somente supergênicos.
- ✓ Com exceção dos depósitos de Ajo e Dos Pobres, onde os teores de Au são altos, chegando até a centéssimos de g/t; os teores nos demais depósitos do Arizona são baixos, comparados àqueles dos depósitos formados em arcos de ilhas ou em ambiente misto cráton-crosta oceânica.
- ✓ Os minérios mostram significantes teores de Mo (0,02-0,03%), diferindo dos valores muito mais baixos em outros tipos de depósitos.
- ✓ Ao contrário dos minérios formados em outros ambientes, os depósitos do Arizona são produtores de significativa quantidade de Ag como sub-produto, com teores variando de 1,5 a 6 g/t. Vale salientar que esta alta produção de Ag é obtida de minérios oxidados e enriquecidos a partir de calcocita.

#### 2.2.5. Características essenciais que definem os depósitos tipo Cu-pórfiro (Titley-1998)

- ▶ O depósito de Cu-pórfiro é um grande (quilômetros cúbicos) sistema epigenético mineralizado da crosta rasa.
- ▶ Uma grande massa de rocha intrusiva porfirítica félsica, epizonal está presente em algum lugar do sistema.
- ▶ A mineralização é controlada por um significativo volume (quilômetros cúbicos) de *stockwork*, na rocha hospedeira e intrusiva porfirítica fraturadas.
- ▶ Tanto a mineralização primária como a alteração, são zonadas

### 3. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A excursão técnica organizada e comandada pela ADIMB à minas de ouro tipo Carlins em Nevada e de Cu-pórfiro no Arizona e Utah, realizada por um grupo de doze geólogos atuantes no Brasil, representou um intercâmbio técnico-científico profícuo, na medida que permitiu uma visão consolidada sobre a gênese das mineralizações e as condições técnicas de exploração das jazidas.

A organização prévia do evento por parte da citada agência contribuiu sobremaneira para o sucesso do mesmo. O cumprimento das programações concebidas para as visitas aos dois tipos de depósitos e a coordenação por pesquisadores americanos altamente qualificados e empenhados no o êxito da expedição, são as principais causas do sucesso do evento.

As características científico-econômicas da região visitada, e as especificidades dos depósitos lá contidos, forneceram ao geólogo visitante informações consistentes sobre seu ambiente tectono-metalogenético. Esse conhecimento certamente favorecerá a identificação de possíveis ambientes geológicos análogos no Brasil, nos quais a aplicação de metodologia prospectiva adequada, poderá levar à descoberta de mineralizações.



Outros futuros intercâmbios técnico-científicos concebidos e executados pela ADIMB, deverão contar sempre com a participação da CPRM, pela sua importância no desenvolvimento profissional dos participantes.

A exemplo do que foi realizado pela ADIMB, a própria CPRM deveria idealizar, organizar e realizar programações coletivas anuais sistemáticas de intercâmbio técnico-científico, para o exercício de seu corpo técnico atuante na área de recursos minerais.

#### **4. AGRADECIMENTO**

---

À CPRM, pela oportunidade de aquisição de conhecimentos, e ao DEREM, na pessoa do geólogo Mario Farina, pela indicação.

À ADIMB, nas pessoas dos coordenadores da expedição, Prof. Hardy Jost e João Henrique Grossi, pela organização.

Ao colega Paulo Marinho pela sempre boa-vontade e ajuda na elaboração das figuras deste relatório.

Ao colega Valter Marques, pela permissão de utilização da impressora.

À Tania Argolo, Gilmar dos Santos e Edilson Flexa, por ajudas na digitação do texto.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Christiensen, R. L. and Yeats, R. S. 1992. Post-Laramide geology of the U. S. Cordilleran region In: Burchfield, B. C.; Liporan P. W., and Zobach, M. L., eds., The Cordilleran Orogen: Conterminous U. S.: Boulder, Colorado, Geological Society of America, the Geology of North America, v. G-3, pp. 261-406.
- Emsbo, P., Hofstra, A. H., Park, D., Zimmerman, J. M., and Snee, L. 1996, A mid-Tertiary age constraint on alteration and mineralization in igneous dikes on the Goldstrike Property, Carlin Trend, Nevada: Geological Society of America Abstracts with Programs, v. 28, no. 7, p. A476.
- Hofstra, A. H., 1995. Timing and duration of Carlin-type gold mineralization in Nevada and Utah-Relation to back-arc extension and magmatism: Geological Society of America Abstracts with programs, v. 27, no. 6, pp. A-329.
- Hofstra, A. H. 1997. Isotopic Composition of sulfs in Carlin-type gold deposits: implications for genetic models. In: Vikre, P. et al. 1997 (ed): Carlin type gold deposits. Fields conference. Guidebook series. V. 28: 119-129.
- Maher, B. J; Browne, Q. J., Mckee, E. H. 1993. Constrains on the age gold mineralization and metallogenesis in the Battle Mountain-Eureka mineral belt, Nevada: Economic Geology, v.88 p. 469-478.
- Rehrig, W. A., and Heidrick, T. L., 1972, Regional fracturing in Laramide stocks of Arizona and its relationship to porphyry copper mineralization: Economic Geology, v. 67, p. 198-213.
- Teal, L and Jackson, M. 1997. Geologic overview of the Carlin trend gold deposits and descriptions of recent deep discoveries. In: Vikre, P et al. 1997 (ed): Carlin-type gold deposits. Fields conference. Guidebook series.v.28:3-37.
- Thorman, C. H; Christensen, O. D. Theodore, T. G. 1994 Regional geologic controls of gold deposits in the Great Basin. In: Godwin, L. H & Smith, B. D. ed. Economic Mineral Resources of the Goshute Indian Reservation Nevada-Utah. Special Symposium.
- Titley, S. R., 1982, Geologic setting of porphyry copper deposits, southeastern Arizona, in Titley, S. R., ed., Advances in geology of the Porphyry Copper

- Deposits, Southwestern North America: Tucson, University of Arizona Press, p.37-58.
- Titley, S. R., 1993, Characteristics of porphyry copper occurrence in the American Southwest, in, Kirkham, R. V., Sinclair, W. D., Thorpe, R. I. and Duke, J. M., eds., Mineral Deposit Modeling: Geological Association of Canada, SpecialPaper 46, p.433-464.
- Titley, S. R., 1994, An abridged overview of some features of porphyry copper deposits in the American Southwest: U. S. Geological Survey Circular 1103B, p.15-23.
- Titley, S. R., 1998. A review of porphyry copper deposits. Southwestern North America. Arizona Field Trip. Unpublished data.
- Titley S. R., and Anthony, E. Y., 1989, Laramide mineral deposits in Arizona, in, Jenney, J. P. and Reynolds, S. J., eds Geologic evolution of Arizona: Tucson, Arizona Geological Society Digest 17, p. 485-514.

# **ANEXOS**

---

# MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS MINAS VISITADAS



## MINAS

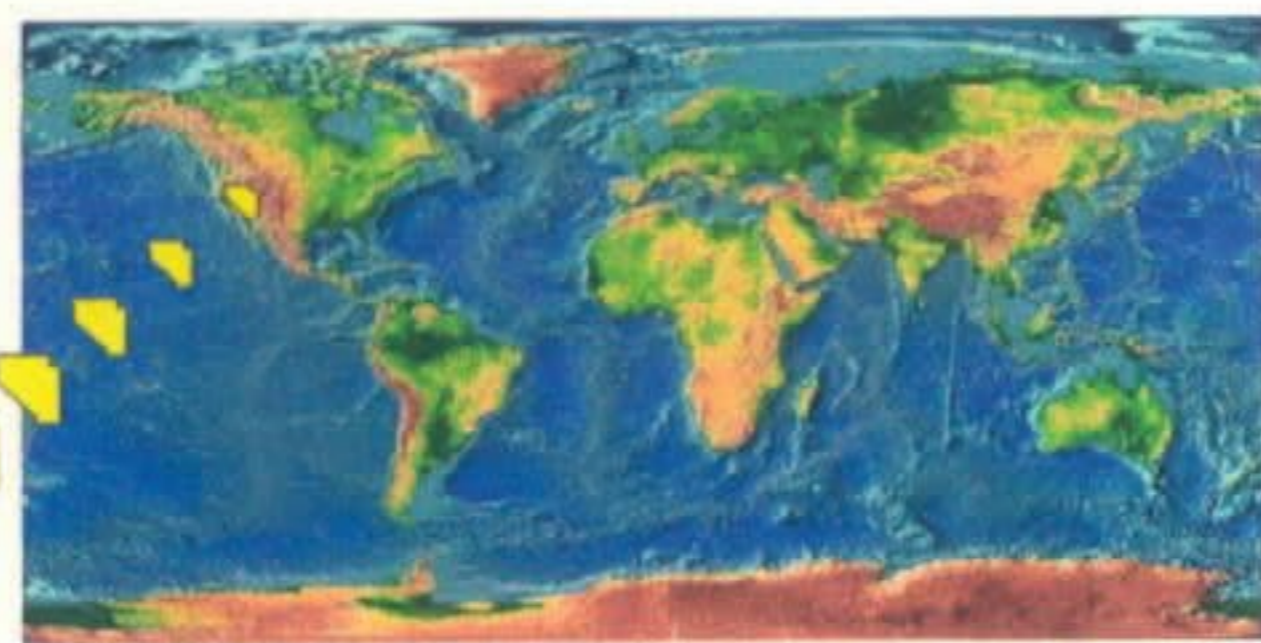
### 4X TIPO CARLIN

- 2 - GOLD QUARRY GENESIS
- 3 - TWIN CREEK
- 4 - LONE TREE
- 5 - PIPELINE
- 6 - CORTEZ
- 7 - MEIKLE E POST BETZ

### 9X TIPO PÓRFIRO

- 1 - BINGHAM
- 8 - SIERRITA
- 9 - SAN MANOEL
- 10 - SILVER BELL

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



0 25 50 75 milhas

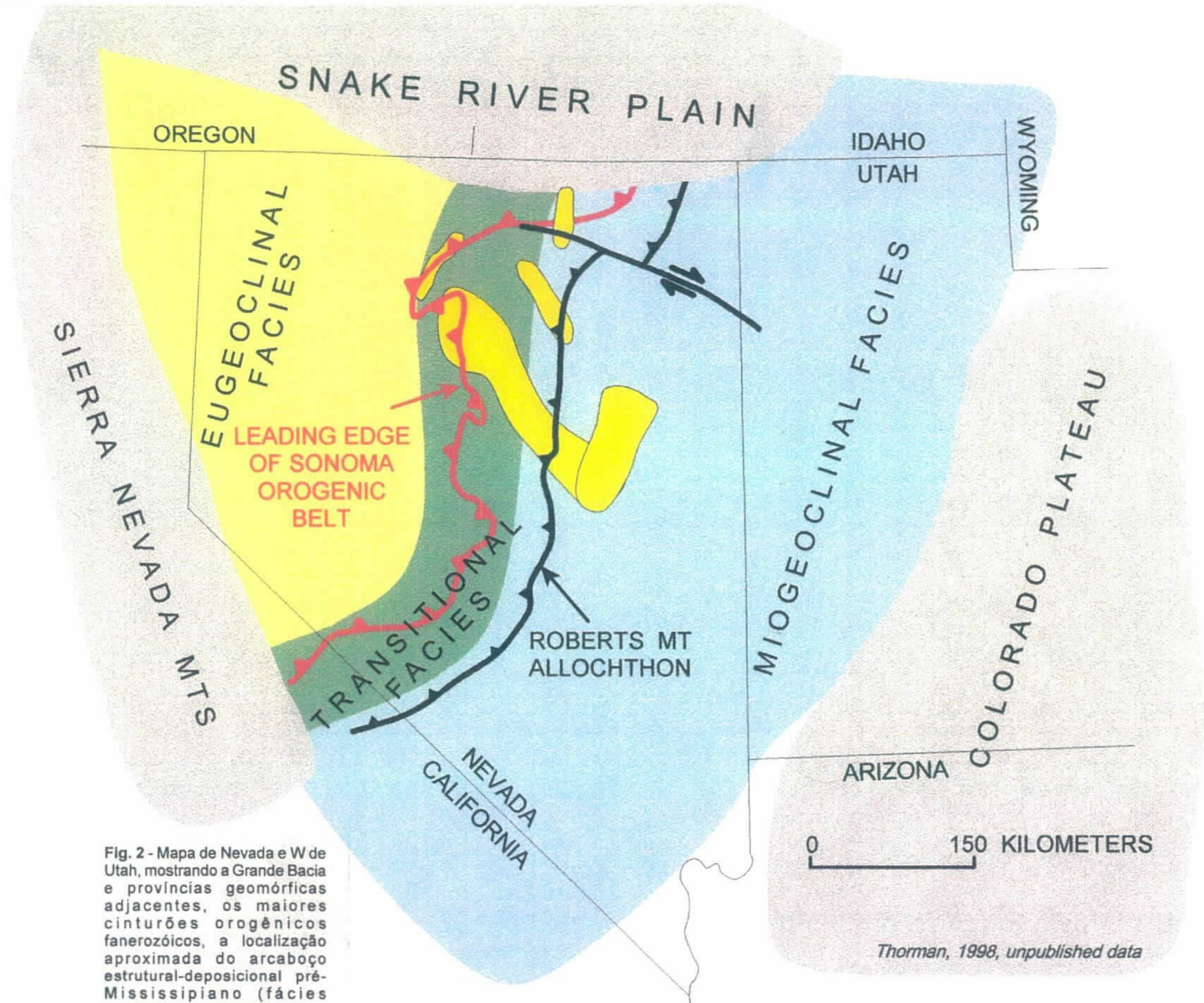


Fig. 2 - Mapa de Nevada e W de Utah, mostrando a Grande Bacia e províncias geomórficas adjacentes, os maiores cinturões orogênicos fanerozóicos, a localização aproximada do arcabouço estrutural-deposicional pré-Mississipiano (fácies eugeoclinal, transicional e miogeoclinal) maiores trends ou grupos de depósitos auríferos

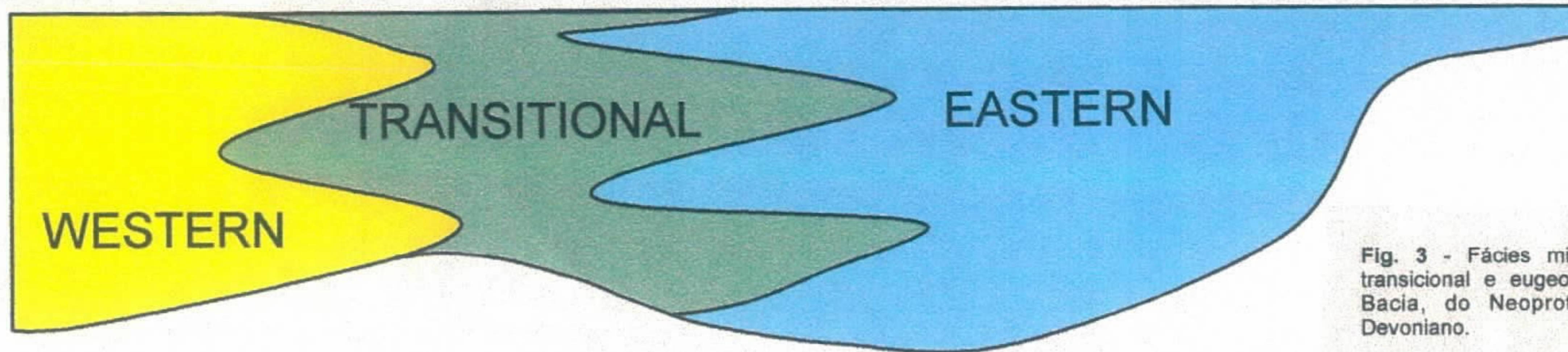


Fig. 3 - Fácies miogeoclinal (azul),  
transicional e eugeoclinal da Grande  
Bacia, do Neoproterozóico até o  
Devoniano.

LATE PRECAMBRIAN THRU DEVONIAN

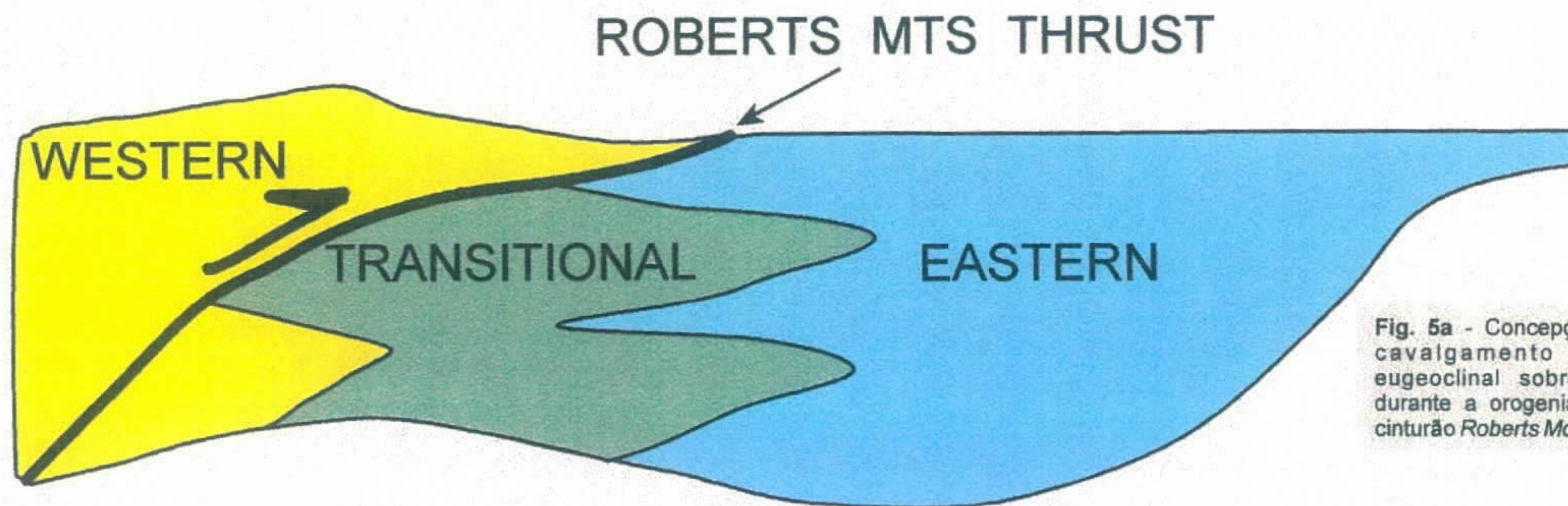


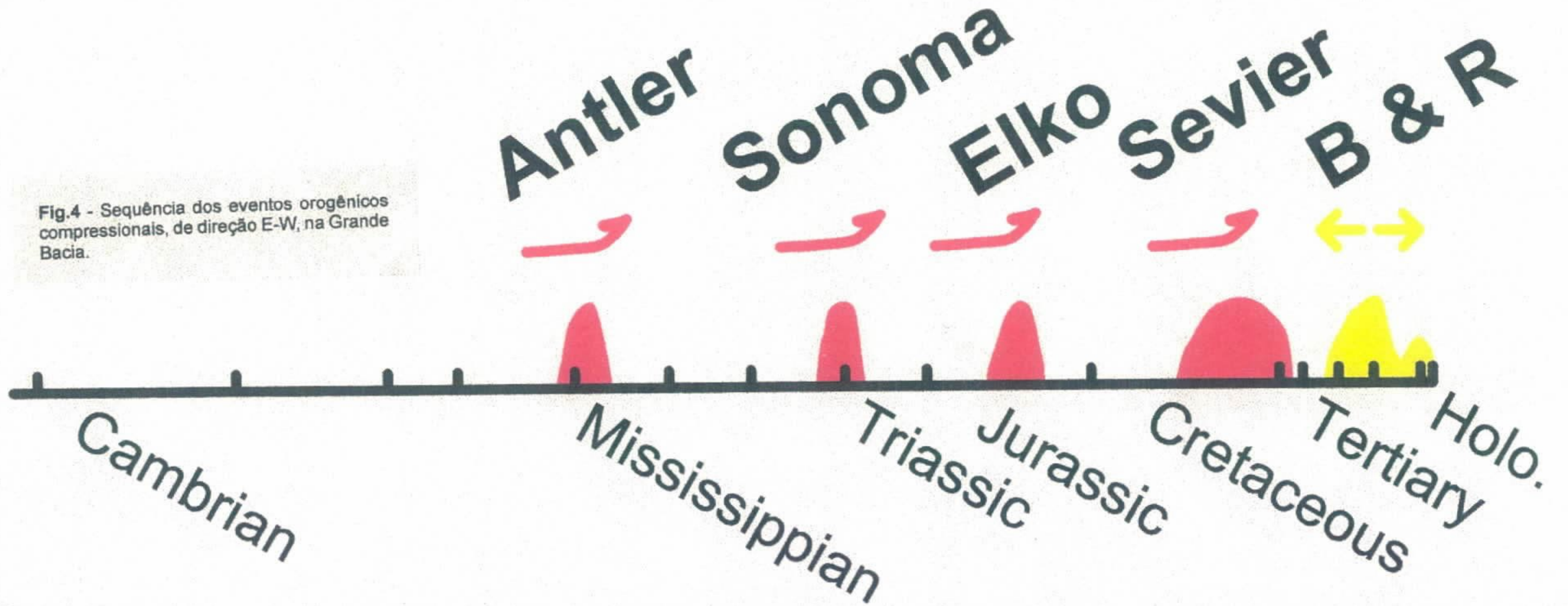
Fig. 5a - Concepção esquemática do  
cavalgamento da sequência  
eugeoclinal sobre a miogeoclinal,  
durante a orogenia *Antler*, gerando o  
cinturão *Roberts Mountains*.

LATE DEVONIAN -- EARLY MISSISSIPPIAN



# OROGENIES IN THE GREAT BASIN

Fig.4 - Sequência dos eventos orogênicos compressionals, de direção E-W, na Grande Bacia.



Thorman, unpublished data

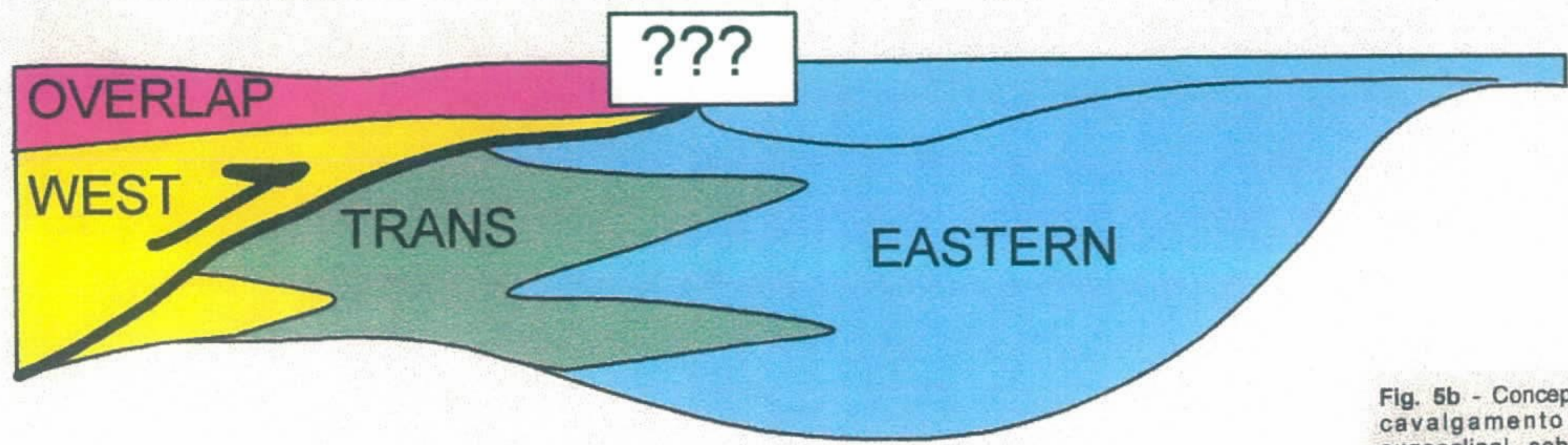


Fig. 5b - Concepção esquemática do cavalgamento da sequência eugeoclinal sobre a miogeoclinal, durante a orogenia Antler, com deposição sobreposta.

OVERLAP SEQUENCE

LATE DEVONIAN - EARLY MISSISSIPPIAN

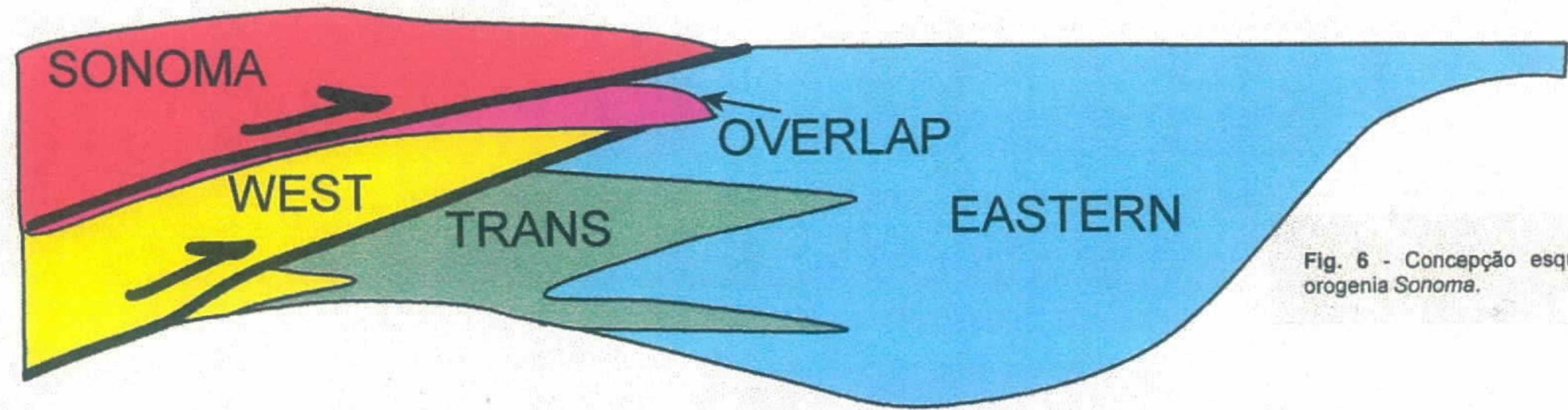
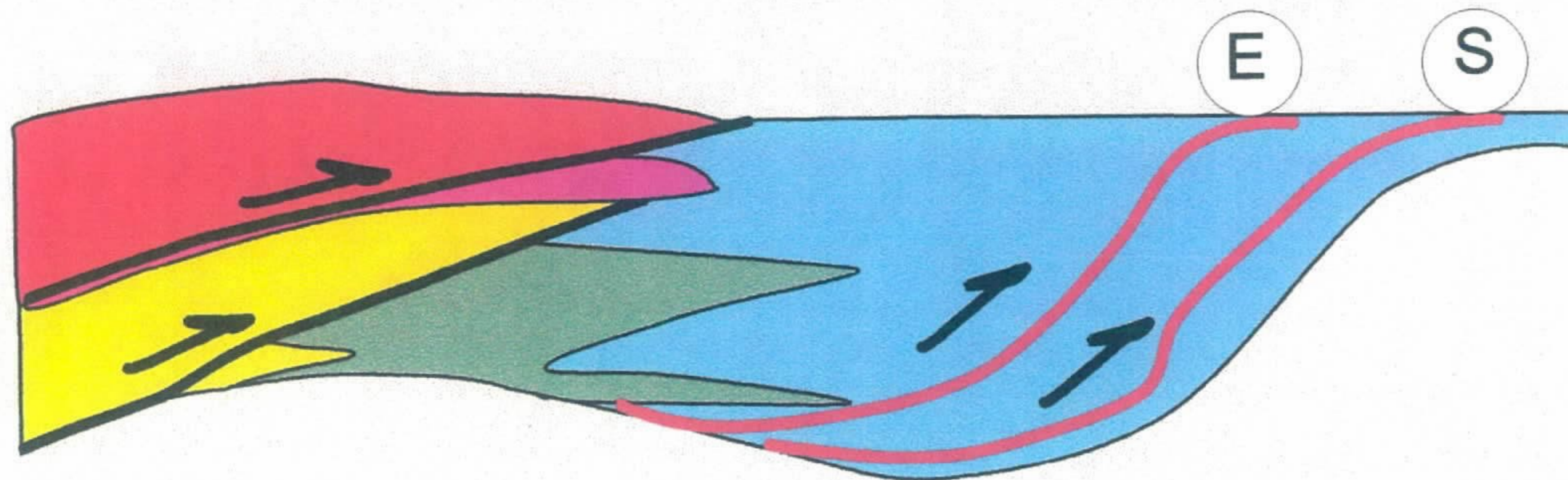


Fig. 6 - Concepção esquemática da orogenia Sonoma.

SONOMA OROGENY

LATE PERMIAN - EARLY TRIASSIC

C. Thorman, unpublished data



ELKO OROGENY -- (E) MIDDLE JURASSIC

SEVIER OROGENY -- (S) LATE CRETACEOUS TO EARLY TERTIARY

Fig. 7 - Concepção esquemática das orogenias *Elko* e *Sevier*.

*C. Thorman, unpublished data*

# GREAT BASIN GOLD DEPOSITS

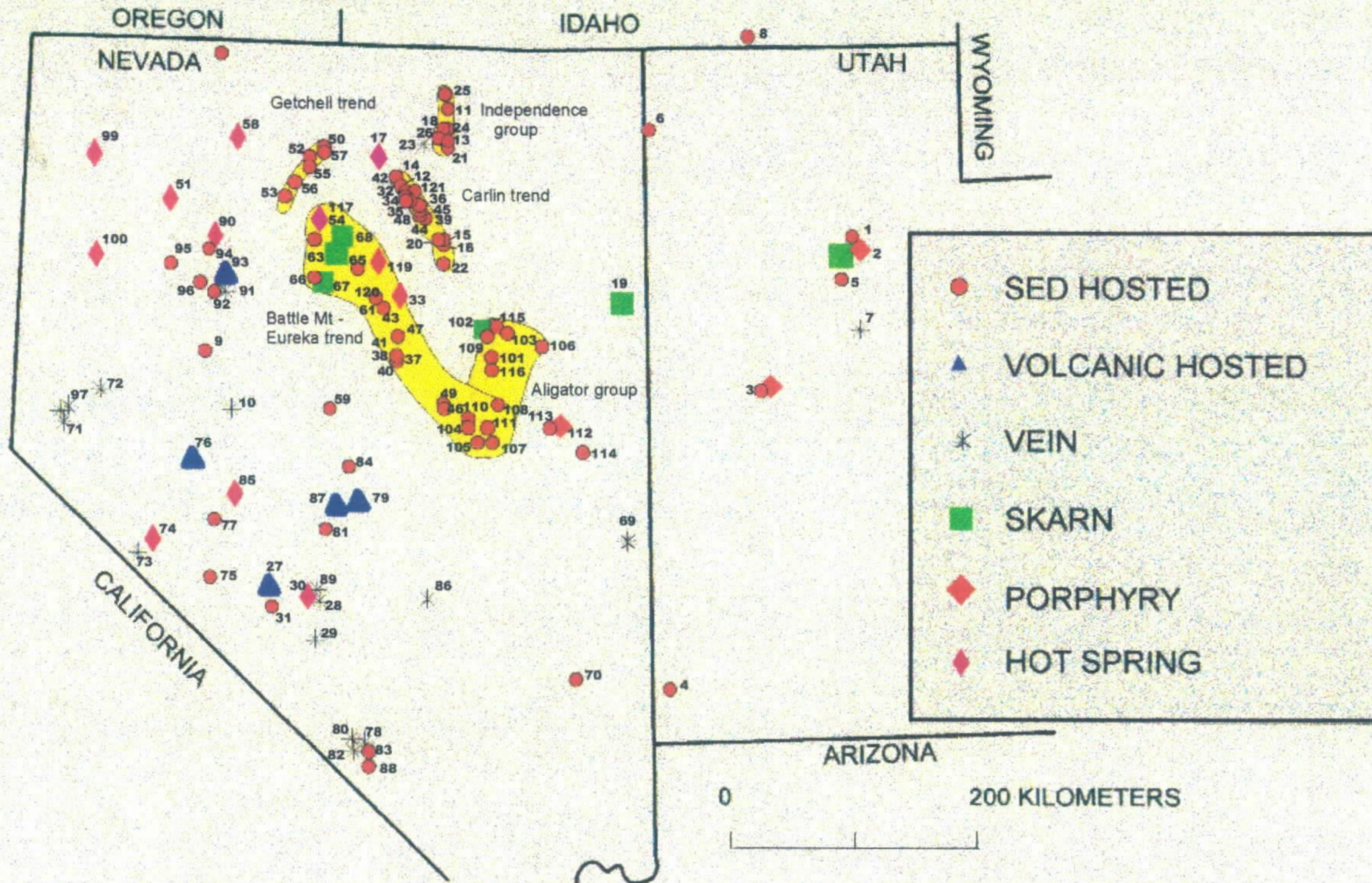


Fig. 8 - Mapa de Nevada e oeste de Utah, com localização dos depósitos de ouro na Grande Bacia, discriminados segundo seus respectivos tipos. A numeração corresponde à lista da Tabela 1.

Tabela 1 - Depósitos de ouro da Grande Bacia nos estados de Nevada, Utah e Idaho. Os números a esquerda dos nomes dos depósitos correspondem aos números da figura 8. Extraído de Thorman et al (1994).

[Size: 1 = 10,000 to 100,000 oz. Au; 2 = 100,000 to 1,000,000 oz. Au; 3 = 1,000,000 to 10,000,000; 4 = > 10,000,000 oz. Au; r = includes large percentage of reserves. Age and lithology of host rock: p, Precambrian; wf, Cambrian-Devonian eugeoclinal western facies; tf, Cambrian-Devonian transitional facies; ef, Cambrian-Devonian miogeoclinal eastern facies; DM, Upper Devonian-Lower Mississippian; MP, Mississippian-Permian; Tr, Triassic; J, Jurassic; K, Cretaceous; PA, Paleocene; E, Eocene; O, Oligocene; Mi, Miocene; Pli, Pliocene; PSH, Pleistocene-Holocene; T, Tertiary; v, volcanic; i, intrusive; s, sedimentary; m, metamorphic. Age of mineralization: in millions of years or letter abbreviations as used for Age of host; <, younger than; >, older than. Type of deposit: sed, disseminated sedimentary rock-hosted; dist, distal disseminated; vol, disseminated volcanic rock-hosted; sk, skarn; vn, vein; por, porphyry; hs, hot spring.]

Deposit	size	host	age	type	Deposit	size	host	age	type
<b>UTAH</b>					<b>Lander County</b>				
1. Barneys Canyon	2	MP	37-39?	sed	59. Austin Gold Venture	2	If,wf	late T	sed,vn?
2. Bingham	4	MP	37-39	vn,por,sk	60. Buffalo Valley	1	MP	31-36	sk
3. Drum	2	ef	35	sed,vn,por	61. Cortez	3	If	34-35	sed
4. Goldstrike	1	E,s	E-?	sed,vn	62. Fire Creek	1	,v	M	hs
5. Mercur	2	MP	E-?	sed	63. Fortitude,Copper Canyon,Battle Mountain	3	MP	38-40	sk
6. Tecoma	1r	ef,MP	E-?	sed	64. Gold Acres, Little Gold Acres	3	wf,ef	99?	sed
7. Tintic	3	MP,i	34	vn,por	65. Hilltop	2r	wf,tf	38	dist,vn
<b>IDAHO</b>					66. McCoy	3	Tr	40	sk
8. Black Pine	2r	MP	E-?	sed	67. Cove	3	Tr	39?	dist
<b>NEVADA-Churchill County</b>					68. Surprise	2	?	86-90	sk
9. Fondaway Canyon	1	Tr	K?	sed	118. Mule Canyon	2			hs
10. Wonder	?	?	19?	vn?	119. Tenabo	2	wf	38-40	dist,sk
<b>-Elko County</b>					120. Pipeline	4	ef	K?	sed
11. Big Springs Sammy Creek	1	MP	?	sed	<b>Lincoln County</b>				
12. Bootstrap Capstone	2	ef	?	sed	69. Atlanta	1	ef,,v	2?	vn
13. Burns Basin	2	ef	?	sed	70. Delamar	1r	ef	?	sed
14. Dee	2	wf,ef	?	sed	<b>Lyon County</b>				
15. Emigrant Springs	2	DM	?	sed	71. Silver City	1	,v		vn
16. Gnome	2r	DM	?	sed	72. Talapoosa	2r	,v	10-12	vn
17. Hollister,Ivanhoe	2r	wf,M,v	15	hs	<b>Mineral County</b>				
18. Jerritt Canyon	3	ef	?	sed	73. Aurora mine	1	,v	10	vn
19. Kinsley Mountain	2r	ef	33-40?	sk	74. Borealis	2	,v	5	hs
20. Rain	3	DM	?	sed	75. Candelaria	1	MP,Tr	K?	sed
21. Saval Canyon	2r	ef	?	sed	76. Denton,Rawhide	3r	,v	16	vol
22. Trout Creek	1r	DM	?	sed	77. Santa Fe	2r	Tr	19?	sed
23. Tuscarora,Dexter	2r	E,,v	38	vn	<b>Nye County</b>				
24. Winters Creek	2r	ef	?	sed	78. Bullfrog	3r	,v	9	vn
25. Wood Gulch	2	ef	?	sed	79. Corcoran Canyon	1?	,v?	?	vol
26. Wright Window	2r	ef	?	sed	80. Gold Bar	1?		13?	vn
<b>Esmeralda County</b>					81. Manhattan	2	tf,m	16	sed
27. Boss	1	,v	?	vol	82. Montgomery Shoshone	2r	,v	13?	vn
28. Divide	1r	,v	15-16	vol,vn	83. Mother Lode, Sunday Night Anomaly	2r	,v	13?	sed
29. Goldfield	3	,v	20	vn,hs	84. Northumberland	2	ef	<32-26?	sed
30. Hasbrouck	2r	,v?	16	hs	85. Paradise Peak	3	,v	18	hs
31. Weepah	1	p	K?	sed	86. Revoille	1?	ef	?	vn
<b>Eureka County</b>					87. Round Mountain Smoky Valley	3	,v	25	vol
32. Blue Star	2	ef,wf	?	sed	88. Sterling	1	tf	13?	sed
33. Buckhorn	2	,v	15	hs	89. Tonopah	2?	,v	19	vn
34. Bullion Monarch	1	ef	?	sed	<b>Pershing County</b>				
35. Carlin	3	ef	37?	sed	90. Florida Canyon	3	Tr,PSH	P,PSH	hs
36. Genesis	3	ef,wf	?	sed	91. Nevada Packard	1?	Tr	K	vol,vn
37. Gold Bar	2	DM	<24?	sed	92. Relief Canyon	2	Tr	PA	sed
38. Gold Pick	2r	DM	?	sed	93. Rochester	3r	Tr	72-79	vol
39. Gold Quarry	4	ef,wf	>29	sed	94. Standard	1	Tr	73?	sed
40. Gold Ridge	2r	DM	?	sed	95. Trinity	1	Tr	?	sed
41. Goldstone	2r	DM	?	sed	96. Willard	1?	Tr	?	sed
42. Goldstrike, Betze Post, Deep Post, Pancana	4	ef,wf,i	>39?	sed	<b>Storey County</b>				
43. Horse Canyon	2	wf,tf	34-35	sed	97. Gold Hill	1?	,v		vn
44. Maggie Creek	3	ef	?	sed	98. Flowery	1	,v?		vn
45. Pete	2r	ef	?	sed	<b>Washoe County</b>				
46. Ratto Canyon	2r	ef	?	sed	99. Hog Ranch	2	,v		hs
47. Tonkin Springs	1	wf	(33-38)	sed	100. Wind Mountain	2	,s	PSH?	hs
48. Tusc	2r	tf	?	sed	<b>White Pine County</b>				
49. Windfall	2	ef	O?	sed	101. Alligator Ridge	2	DM	11?	sed
121. Meikle	3	ef	?	sed,i	102. Bald Mountain, Top	2	ef	T	sk,sed
<b>Humboldt County</b>					103. Casino,Winrock	1	DM	11?	sed
50. Chimney Creek	3	MP	E?	sed	104. Dynamite Ridge	1?	DM	?	sed
51. Crofoot, Lewis	2	T	T	hs	105. Easy Junior Nighthawk Ridge	2	DM	?	sed
52. Getchell	3	wf	87-92	sed	106. Golden Butte	2	DM	?	sed
53. Kramer Hill	1	wf	T	sed,vn	107. Green Springs	2	DM	?	sed
54. Marigold	2	MP,wf	38-40	dist	108. Illipah	2	DM	?	sed
55. Pinson	2	wf	87-92?	sed	109. Little Bald Mountain	1	ef	?	sed
56. Preble	2	wf	87-92?	sed	110. Pancake Ridge	1?	DM	?	sed
57. Rabbit Creek	3r	wf	E?	sed	111. Mt. Hamilton	2r	ef	?	sed
58. Sleeper	3	Tr,,s,v	15-16	hs	112. Robinson	3r	i,of,MP	108-111?	por,sed
117. Lone Tree	3	MP	38-40	dist	113. Star Pointer	2	MP	108-111?	dist
					114. Taylor	?	ef	only T	dist
					115. White Pine	1	DM	?	sed
					116. Yankee	1?	DM	?	sed

## AGE AND LITHOLOGY OF HOST ROCK

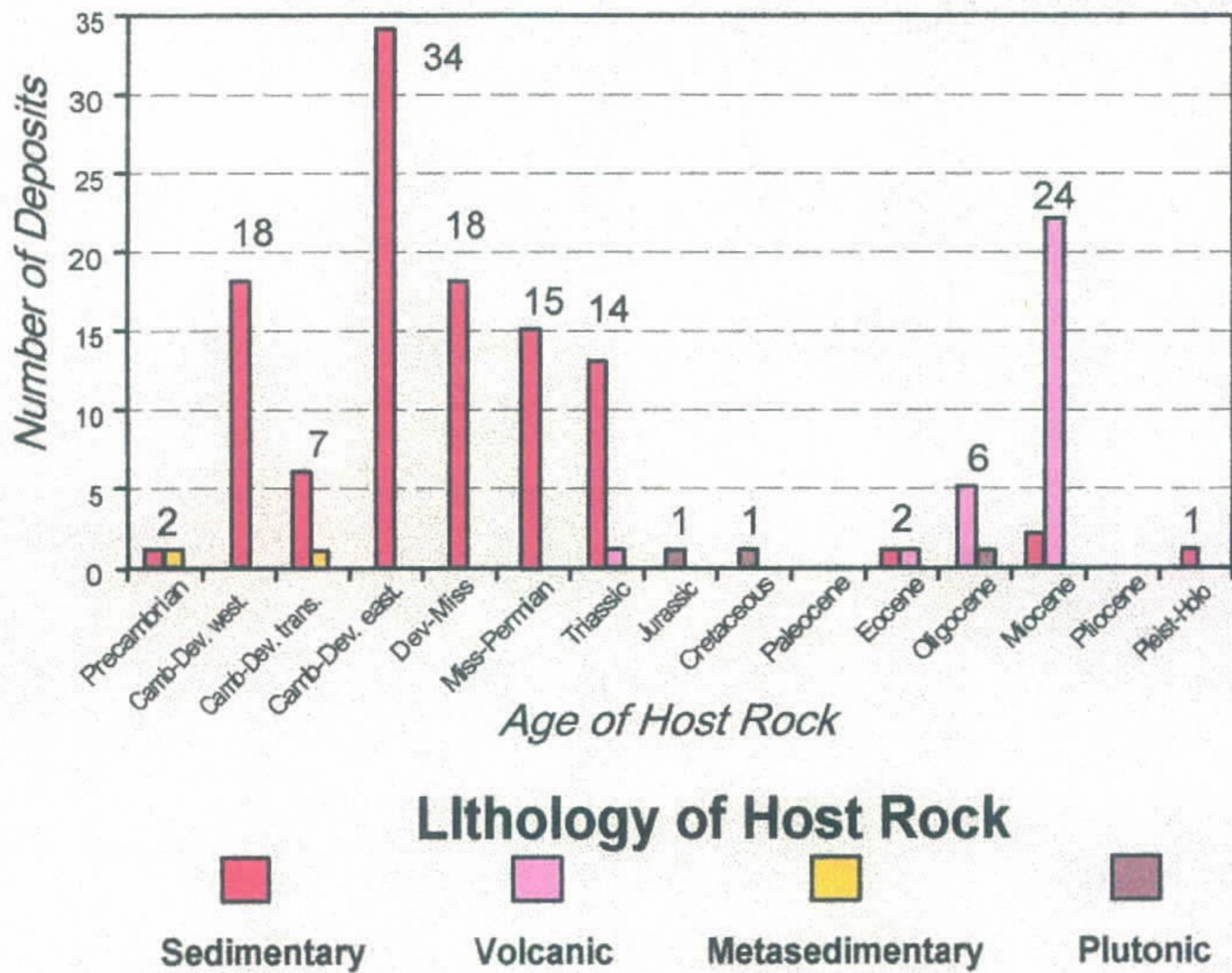


Fig.9 - Diagrama mostrando a relação entre os litotipos e a idade das rochas hospedeiras das mineralizações, com o número de depósitos em cada grupo.

## PROBABLE AGE AND TYPE OF DEPOSIT

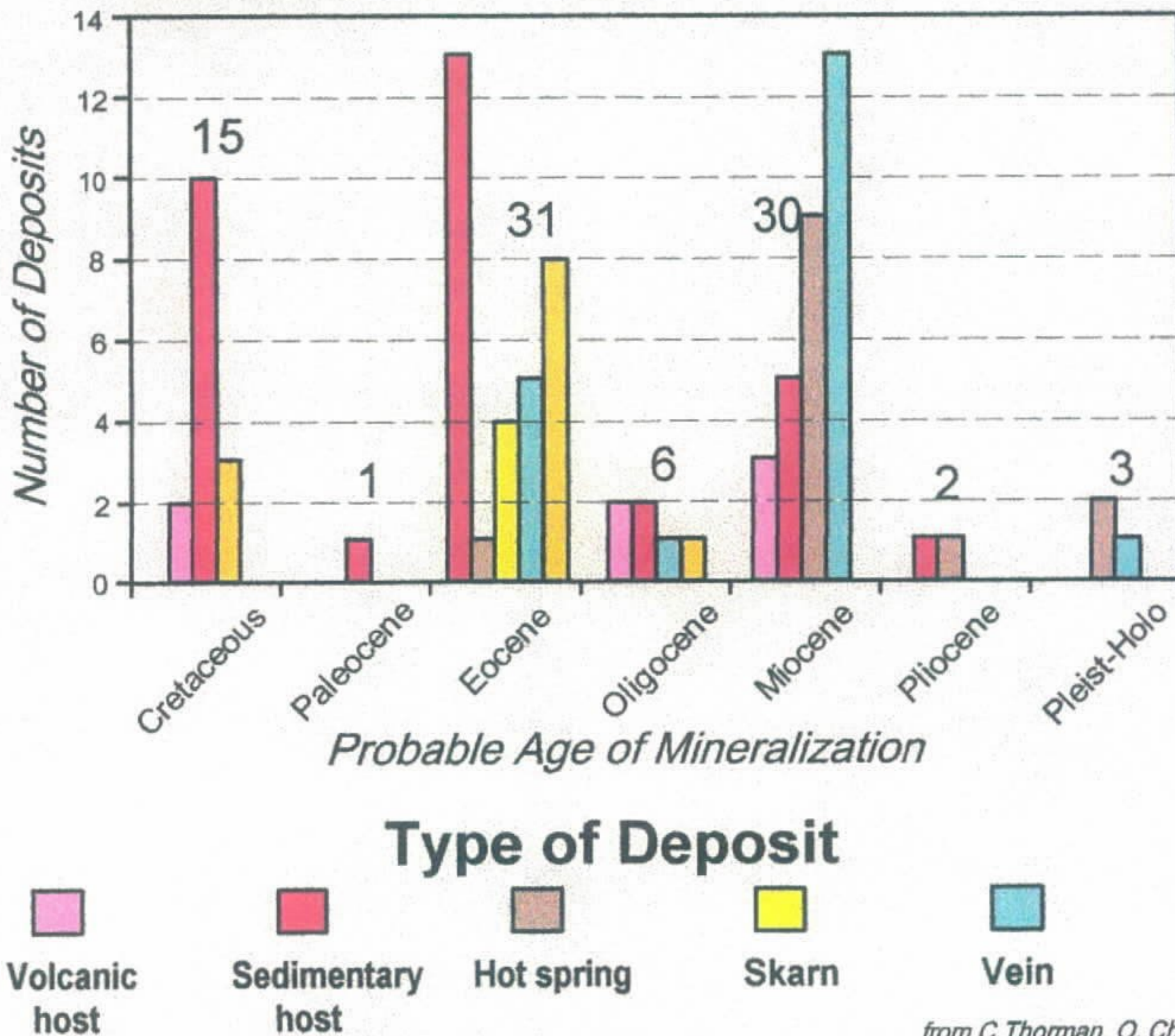


Fig.10 - Diagrama mostrando a relação entre o número de depósitos agrupados pelo tipo e a idade intrpreitada da mineralização.

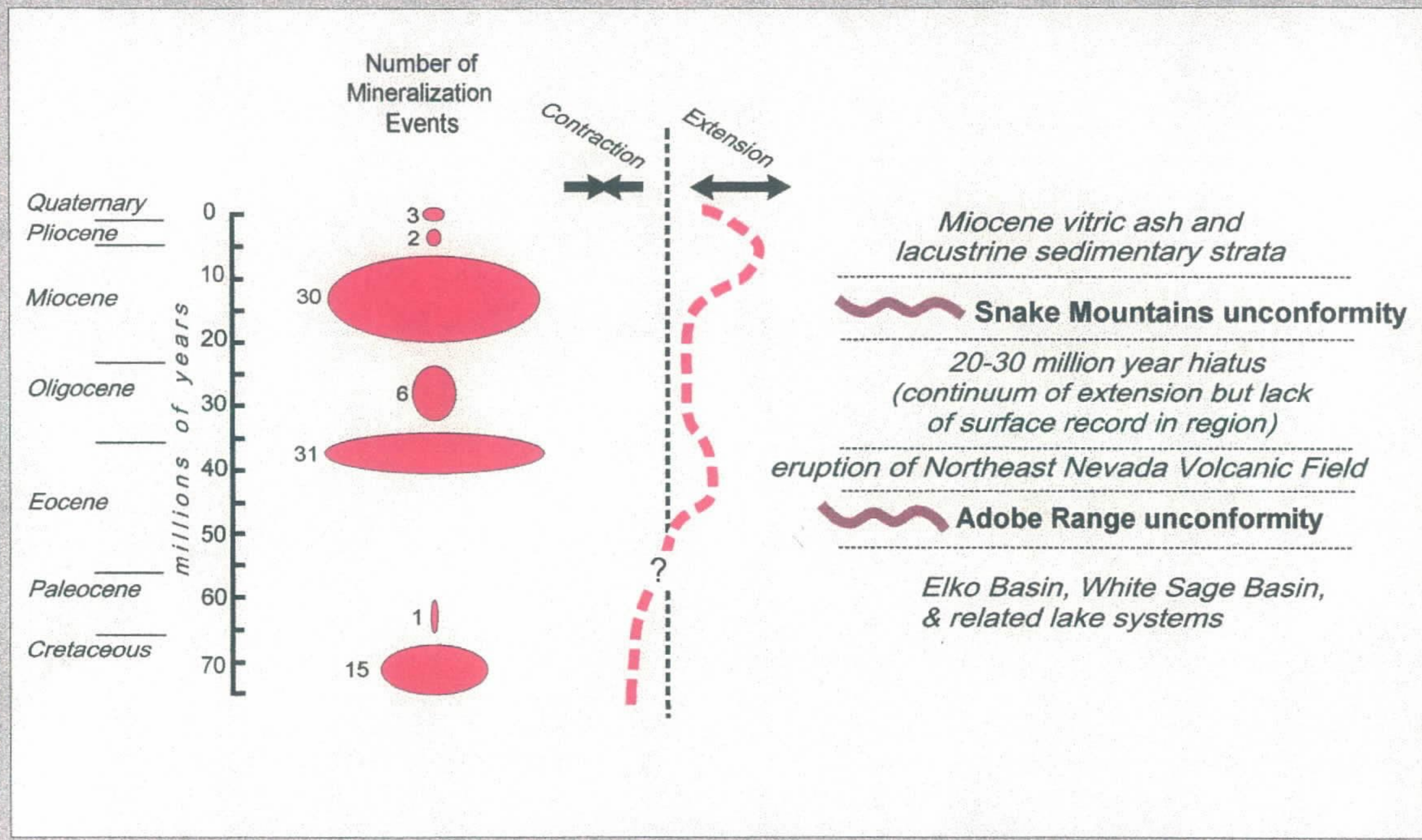


Fig. 11 - Diagrama mostrando a transição da deformação compressiva mesozóica para a distensiva cenozóica, os maiores eventos de mineralização, as duas maiores fases extensionais terciárias e as idades das inconformidades Snake Mountains e Adobe Range. A intensidade de extensão ou contração aumenta a medida que se afasta da linha vertical pontilhada.

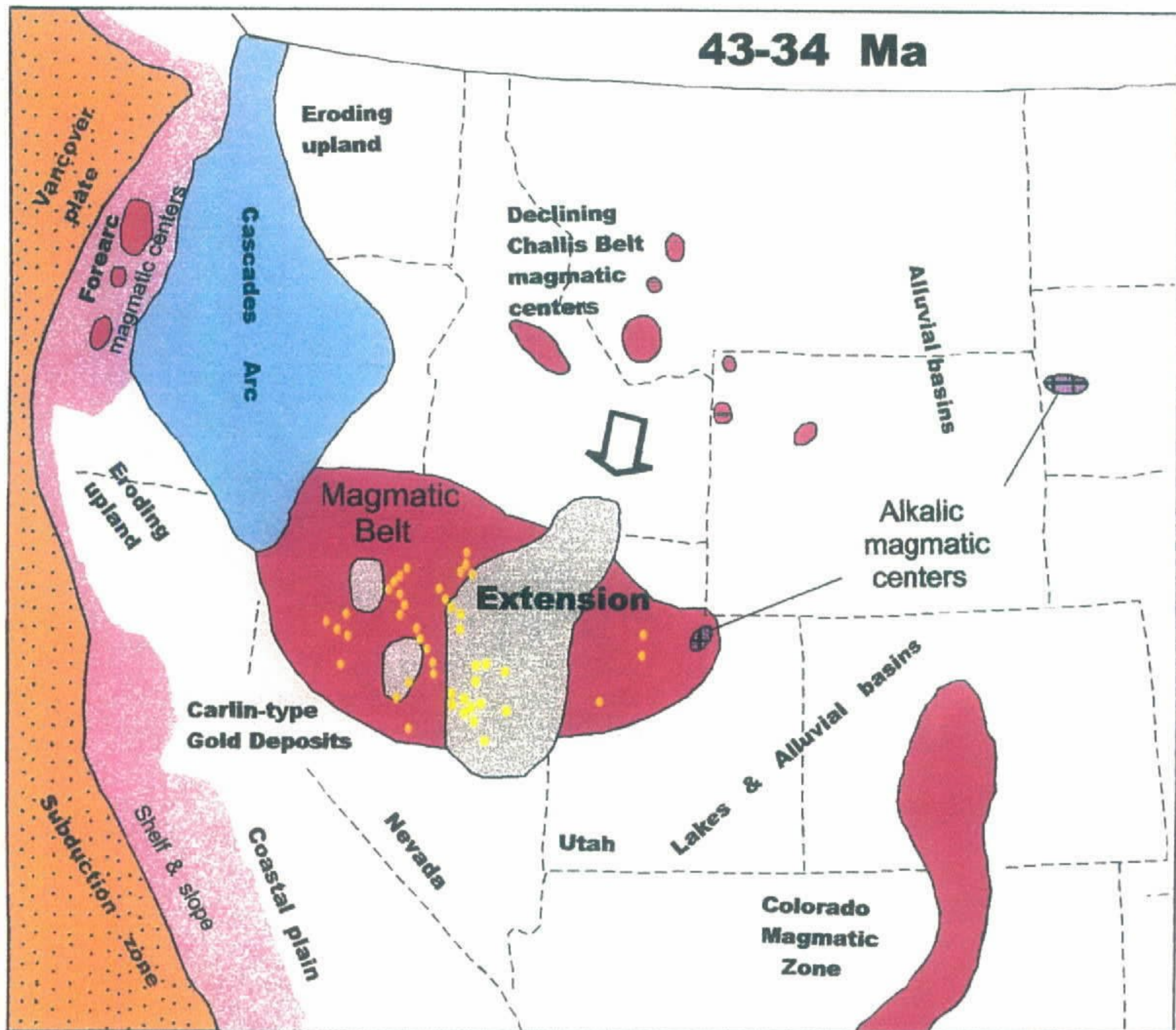


Fig. 12 - Paleografia da região SW americana no período 43-34 Ma, com a distribuição da atividade ígnea, tectonismo distensivo e depósitos tipo Carlin. Extraído de Hofstra (1997), adaptado de Christiensen e Yeats (1992).



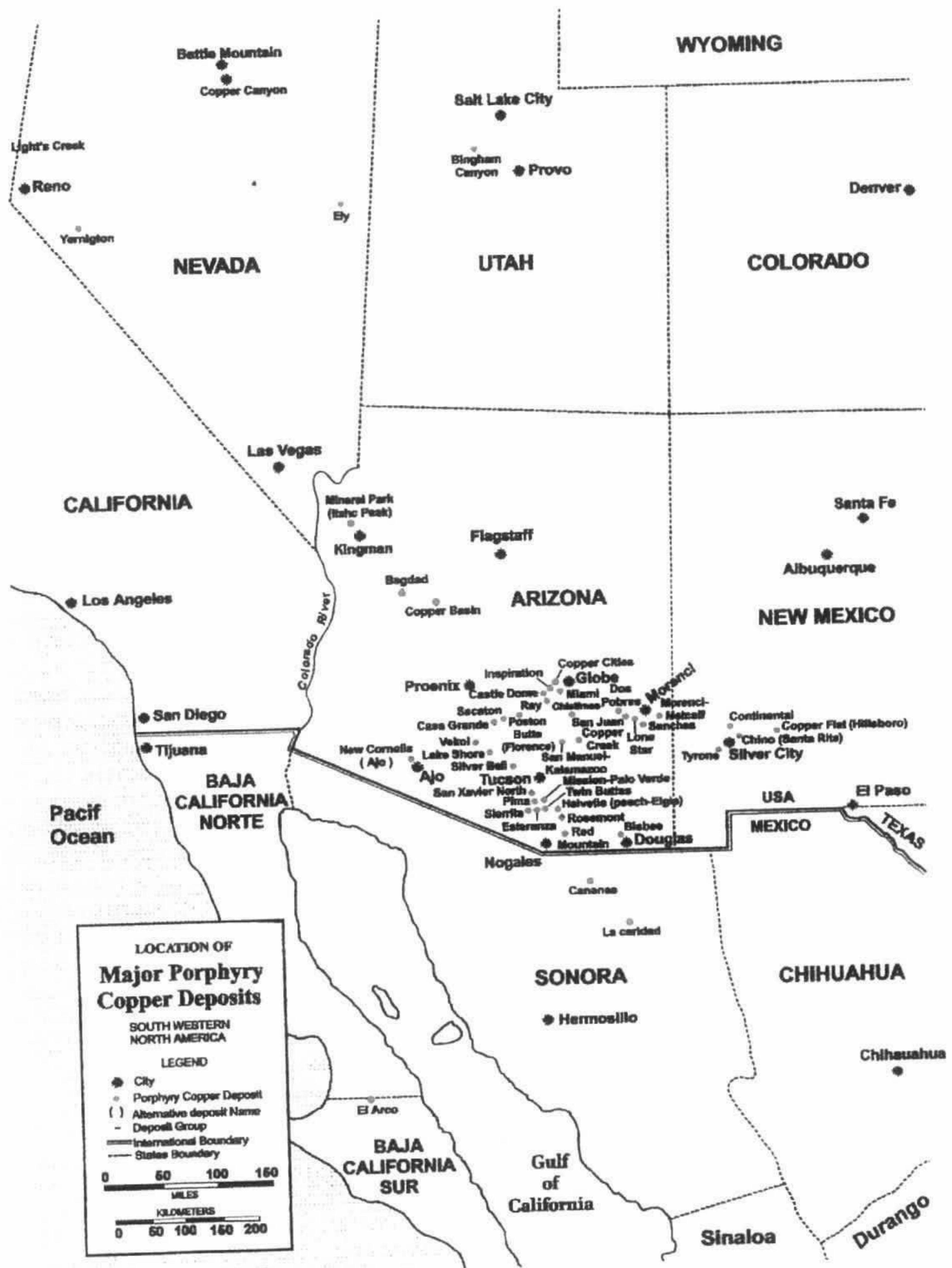


Fig. 13 - Mapa dos principais depósitos de Cu-pórfiro do SW americano. A área de interesse situa-se na porção centro-sul do Arizona e regiões contíguas do New Mexico e México. A Tabela 2 indica valores de teores, produção e reservas em 1989.

Tabela 2 - Valores de teores, produção e reservas em 1989, dos depósitos de Cu-Pórfiro do Arizona, New Mexico e região contígua do México, em 1989. Titley and Antony (1989).

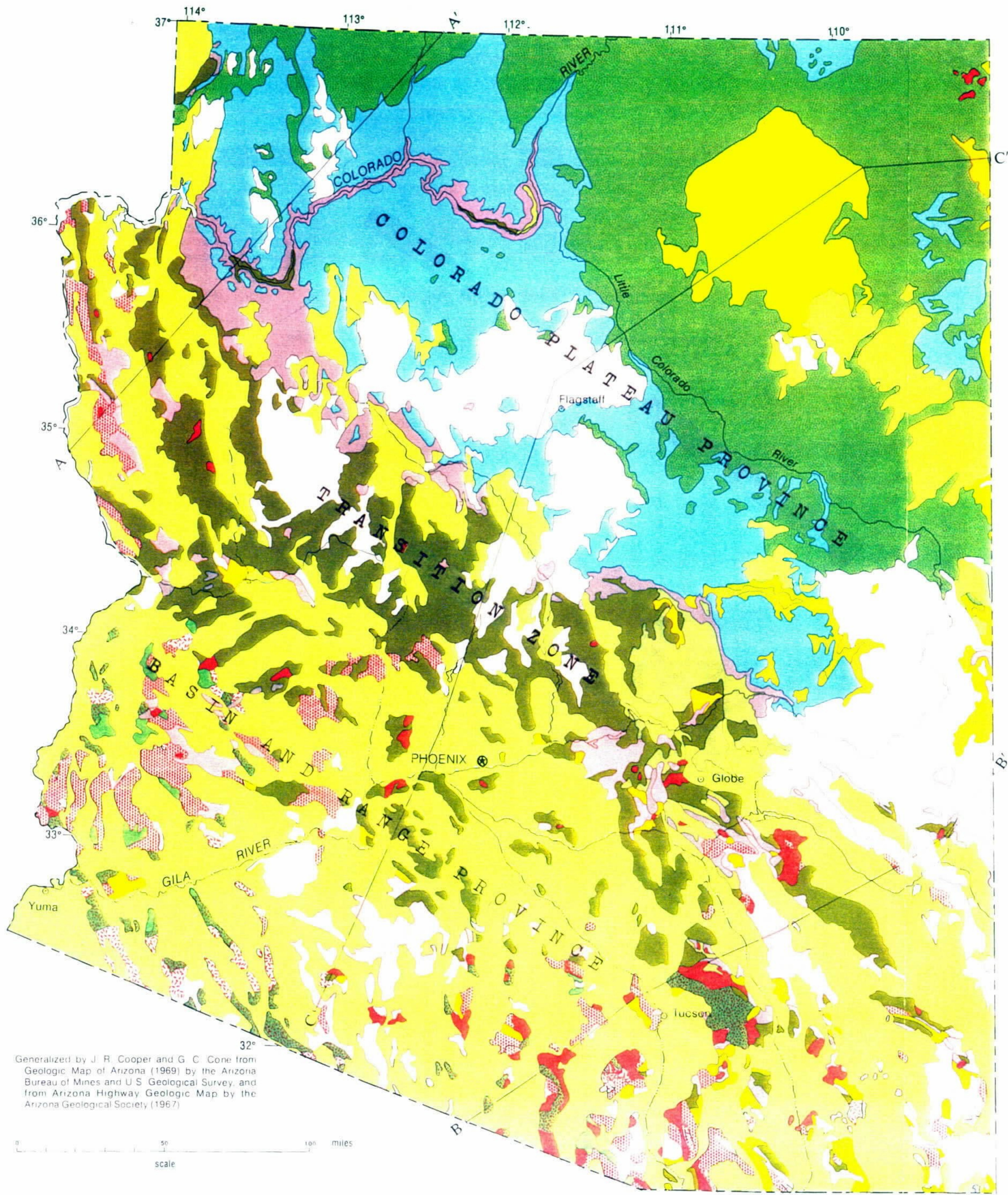
<u>Deposit/District</u>	<u>10<sup>6</sup>t</u>	<u>Cu%</u>	<u>Aq ppm</u>	<u>Ag ppm</u>	<u>Mt A</u>	<u>Description</u>	<u>Age (Ma)</u>	<u>Ore Type</u>	<u>Ore Host</u>
Mineral Park (to 1981)	85.88	0.346	2.26	0.003	0.028	Pluton complex in PC meta- morphie rocks	71.5	Enriched Sulphides Hypogene Protore	Gneiss, Schist,- Amphibolite
<u>Reserves, 1989</u>	<u>31.6</u>	<u>0.17</u>			<u>0.064</u>				
Bagdad (to 1981)	91.3	0.645	1.14	--	0.008	Pluton complex in PC meta- morphie rocks	72	Enriched hypogene in Porphyry	PC granite, schist Iaramide porphyry
<u>Reserves, 1989</u>	<u>639</u>	<u>0.42</u>			<u>0.021</u>				
Copper Basin ( <u>Res.</u> )	<u>158</u>	<u>0.55</u>			<u>0.021</u>	Pluton-breccia complex with	64?	Enriched and hypo- gene	PC granite, Iaramide porphyry
Globe-Miami Mines, Includes: Copper Cities Castle Dome Inspiration Miami	688.9	0.689	0.42	0.007	0.0014	Pluton complexes in PC schist, granite, and PC sedimentary rocks	63-67	Enriched in porphy- ry, granite and PC sed. rocks, and PC schist	Pinal Schist (PC) Schultze Granite and Apache Gp. sed. rocks
<u>Globe-Miami Reserves</u>									
Inspiration	<u>228.6</u>	<u>0.43</u>						<u>Acid Soluble</u>	
Miami East	<u>50.8</u>	<u>2.08</u>						<u>Sulphide</u>	
Pinto Valley	<u>654</u>	<u>0.39</u>						<u>Sulphide</u>	
Ray (Mineral Cr.) (to 1981)	297.1	0.854	0.91	0.007	0.0012	Pluton complex in PC and PC Apache Gp. and diabase	70-60	Enriched in por- phyry and diabase	Pinal Schist (PC) Apache Gp. diabase
<u>Reserves</u>	<u>582</u>	<u>0.69</u>						<u>Sulphide</u>	

<u>Deposit/District</u>	<u>10<sup>6</sup>t</u>	<u>Gr%</u>	<u>Ag ppm</u>	<u>Au ppm</u>	<u>HA</u>	<u>Description</u>	<u>Age (Ma)</u>	<u>Ore Type</u>	<u>Ore Host</u>
Christmas	19.2	0.735	2.95	—	0.069	Small Pluton in Paleozoic carbonates and Laramide	76-62	Hypogene in skarn	Paleozoic carbonates and Laramide Andesite
<u>Reserves (Open Pit)</u>	<u>6.4</u>	<u>0.63</u>							
<u>(Underground)</u>	<u>18.1</u>	<u>1.82</u>							
<u>Paton Bille Reserves</u>	<u>725</u>	<u>0.40</u>				Pluton-dike complex in PC basement	62-60	Oxide, Enriched Sulphide, Hypogene Sulphides	PC granite, schist, diabase; Laramide volcanics and intrusives.
Paton (Casa Grande)	26.3	0.522	1.28		0.027	Pluton Complex in PC	71-61	Oxide, Enriched Sulphide, Hypogene.	PC granite, diabase Laramide plutons.
<u>Casa Grande Reserves</u>	<u>319.3</u>	<u>1.0</u>				Deeply buried pluton complex.		oxide in Valley Fill; Enriched	
<u>Wol Reserves</u>	<u>95.3</u>	<u>0.56</u>			<u>0.014</u>			Mineralized skarn.	PC Apache Gp. Cambrian and Devonian carbonates.
Lakeshore Prod. to 1981)	6.65	0.793	0.032	0.004		Pluton in Paleozoic and Mesozoic sedimentary and volcanic rocks	67-64	Hypogene in skarn and porphyry; oxides	
<u>Reserves</u>	<u>37</u>	<u>0.71</u>						<u>Sulphide in porphyry</u>	
	<u>8</u>	<u>1.35</u>						<u>Sulphide in tactite</u>	
	<u>14.5</u>	<u>0.77</u>						<u>Acid Soluble</u>	
Silver Bell (Prod. to 1977)	68.6	0.8	2.39	--	0.022	Multiple pluton centers in Paleozoic and Mesozoic sedimentary/volcanic cplx.	67-63	Enriched hypogene	Lower Paleozoic strata in plutons and wall and Mesozoic volcanics, rocks. with Laramide plutons.
<u>Reserves</u>	<u>91.6</u>	<u>0.47</u>	<u>0.34</u>					<u>Sulphide in porphyry</u>	
San Manuel (Prod. to 1981)	348	0.583	0.83	0.043	0.009	Pluton in PC granite	67	Oxide Cap with hypogene in porphyry and wall rocks.	PC Granite
<u>Reserves</u>	<u>155</u>	<u>0.68</u>						<u>Sulphide</u>	

<u>Deposit/District</u>	<u>10<sup>6</sup>t</u>	<u>GA</u>	<u>Ag</u>	<u>Pb</u>	<u>Alumina</u>	<u>Mo</u>	<u>Description</u>	<u>Age (Ma)</u>	<u>Ore Type</u>	<u>Ore Host</u>
<u>Kalamazoo Reserves</u>	<u>191.4</u> <u>91.6</u>	<u>0.77</u> <u>0.68</u>					Offset part of San Manuel	67	<u>Sulphide</u> <u>Sulphide shaft</u> <u>pillar</u>	Porphyry and wall rock
<u>Copper Ck. Reserves</u>	<u>72.5</u>	<u>0.55</u>					Intrusion complex in volcanics, with breccias	59-68	Hypogene in porphyry and breccias	Pluton complex and volcanics
<u>Dos Pobres Reserves</u>	<u>210</u> <u>(361)</u>	<u>0.89</u> <u>(0.72)</u>					Dike swarms and pluton in volcanic section	60-69	Hypogene in andesite	Laramide andesite and invading dike swarms
<u>San Juan Reserves</u>	<u>16</u>	<u>0.52</u>					Pluton dike complex in andesite stack	62	<u>Acid Soluble</u>	Laramide andesite and pluton; high level
<u>Five Star Reserves</u>	<u>970</u>	<u>0.41</u>					Pluton and dike swarm in andesite stack.	62?	<u>Mixed</u>	Laramide andesites and plutons.
<u>Morenci</u> (Prod. to 1981)	661	0.82	1.2	0.024	0.0086		Pluton in basement and Paleozoic sedimentary section.	67	Skarn and enriched ore in pluton	Laramide pluton in PC and Paleozoic strata and PC rocks.
<u>Reserves</u>	<u>777.5</u>	<u>0.775</u>								
<u>New Gemelia</u> (Prod. to 1981)	390	0.707	1.57	0.125	0.001		Pluton complex in PC schist and gneiss	65-55	Enriched and hypogene in porphyry	Laramide pluton in PC metamorphic rocks
<u>Reserves</u>	<u>189.6</u>	<u>0.50</u>							<u>Mixed</u>	
<u>Mission Complex</u> <u>Pima (to 1977)</u>	181.3	0.477	2.07	---	0.0041		Altered and veined, overturned Paleozoic and Mesozoic	62-56	Veined and massive skarn	Paleozoic and Mesozoic strata.
<u>Mission (to 1977)</u>	99	0.626	2.29	---	0.0093		Contiguous with Pima (above)		Skarn with some ore in sill(?)	Same as Mission with Laramide plug/sill
<u>Mission Complex Reserves</u>	<u>302</u>	<u>0.67</u>	<u>4.45</u>						<u>Skarn</u>	

<u>Deposit/District</u>	<u>10<sup>6</sup>t</u>	<u>Cu%</u>	<u>Ag ppm</u>	<u>Au ppm</u>	<u>Mo%</u>	<u>Description</u>	<u>Age (Ma)</u>	<u>Ore Type</u>	<u>Ore Host</u>
Sierrita (to 1977)	203.9	0.268	1.03	---	0.022	Pluton complex in Mesozoic and Laramide complex batho-	67-58	Hypogene veinlets in igneous hosts	Laramide igneous complex; granite to dior.
<u>Reserves</u>	<u>510</u>	<u>0.34</u>			<u>0.037</u>			<u>Sulphide</u>	
Esperanza (to 1977)	78.3	0.40	1.37	---	0.0206	Contiguous with Sierrita; Ores in Mesozoic rocks	67-58	Enriched	Mesozoic clastic and Volcanic strata.
<u>Reserves</u>	<u>41.5</u>	<u>0.27</u>			<u>0.034</u>			<u>Sulphide</u>	
Twin Buttes (Oxide)	41.8	0.11				Pluton centered skarn system in carbonate and clastic/volcanic strata	62	Hypogene in skarn capped by acid-soluble Cu ore	Mesozoic and Paleozoic strata.
(to 1977) (Sulphide)	62.9	0.70	3.41						
<u>Reserves Oxide</u>	<u>10</u>	<u>0.73</u>							
<u>Sulphide</u>	<u>35</u>	<u>1.00</u>							
Peach Elgin						Fault-floored klippe of Paleozoic carbonates	lar. (?)	Oxide and enriched sulphide in skarn	Paleozoic carbonates
<u>Reserves Sulphide</u>	<u>12.7</u>	<u>0.78</u>							
<u>Acid Soluble</u>	<u>9.1</u>	<u>0.75</u>							
Roumont (E. Helvetia)						Intrusion-cored skarn system in Paleozoic rocks	62	Hypogene in skarn Minor oxide	Paleozoic carbonates
<u>Reserves (Sulphide)</u>	<u>305.7</u>	<u>0.54</u>	<u>3.01</u>	<u>0.017</u>	<u>0.012</u>				
<u>Acid Soluble</u>	<u>19.9</u>	<u>0.55</u>							
Red Mountain						Deeply buried zoned ore-body in stock and volcanics	63-58	Hypogene with minor enrichment	Laramide volcanic rocks and stock(?) sill complex of Laramide age.
<u>Reserves (Sulphide)</u>	<u>90</u>	<u>0.71</u>							
Caribou						Breccia complex in volcanics intrusions and Paleozoic beds	54	Hypogene and minor enrichment.	Laramide volcanics and
LaCaridad						Enriched blanket in igneous complex; low grade protore	54	Sulphide enrichment	Laramide igneous complex.
<u>1979 Reserves</u>	<u>544</u>	<u>0.67</u>			<u>0.0x</u>				
Tyrone	128.4	0.60				Laramide pluton-basement complex with minor breccias	56	Mostly enriched above 0.1 protore	Laramide porphyries in PC granite basement

<u>Deposit/District</u>	<u>10<sup>6</sup>t</u>	<u>OA</u>	<u>Ag</u>	<u>Pb</u>	<u>Al</u>	<u>Mo</u>	<u>Description</u>	<u>Age (Ma)</u>	<u>Ore Type</u>	<u>Ore Host</u>
Quinn (Santa Rita) Prod. 1911-1962	210	0.94				0.0X	Laramide granodiorite in in Paleozoic complex	Laramide	Enriched and hypog- ene in porphyry, hypogene in skarn	Granodiorite and Paleor- zoic Mesozoic complex
Continental		0.85					Laramide granodiorite and Paleozoic strata	Laramide	Hypogene in por- phyry and strata	Granodiorite and Paleor- zoic carbonates.
Hillside <u>Reserves</u>	<u>63</u>	<u>0.7</u>					Laramide intrusion- breccia complex	72(?)	Hypogene in por- phyry and breccia	Mostly breccia with with minor porphyry
Bisbee	151.7	2.35	20.9	0.58			Nevadan intrusion- breccia and carbonate replacement ores	163-178	Enr. in porphyry, hypogene in carb.	Jurassic breccia col- umn and intrusion in Paleozoic column



### EXPLANATION SEDIMENTARY AND VOLCANIC ROCKS

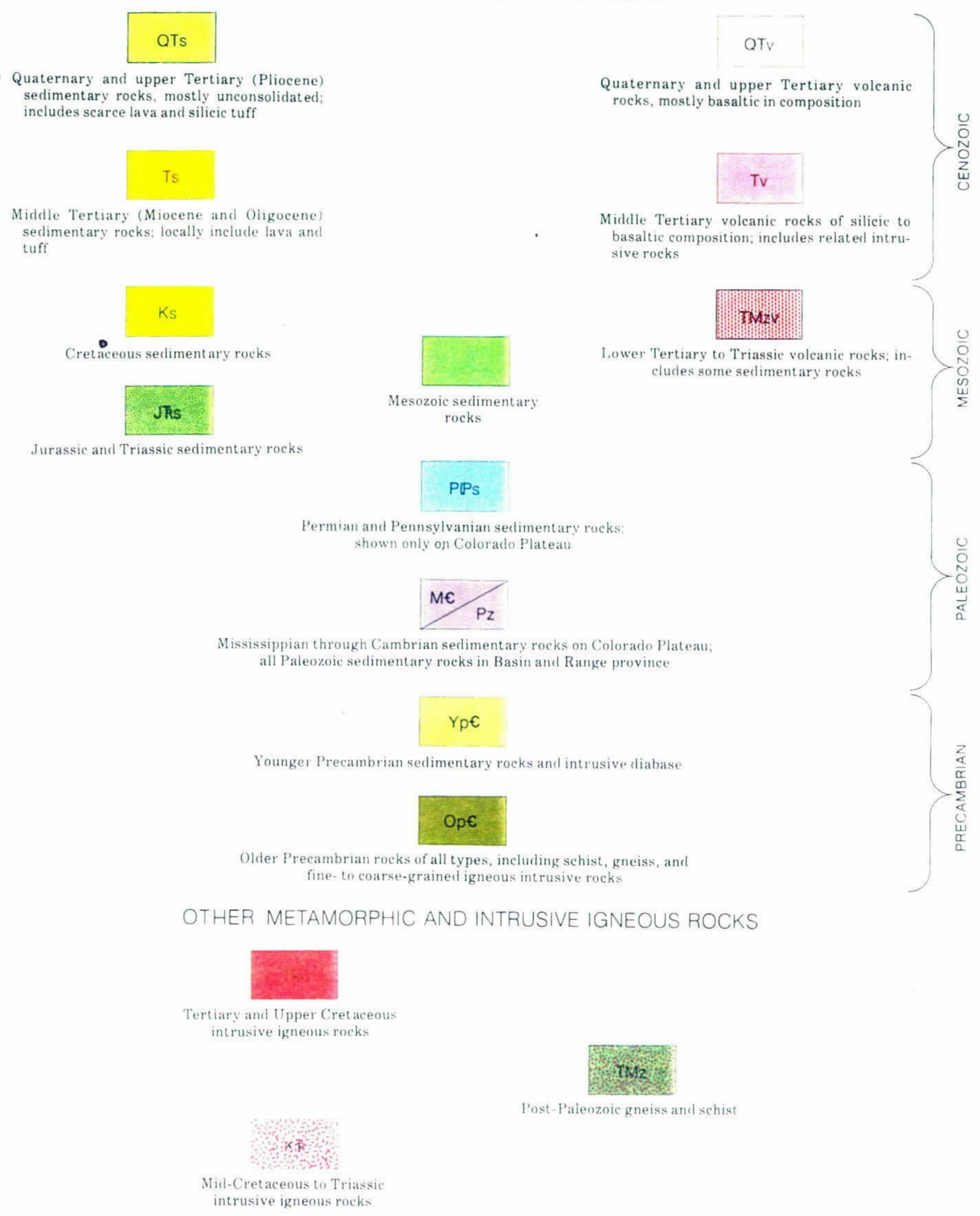
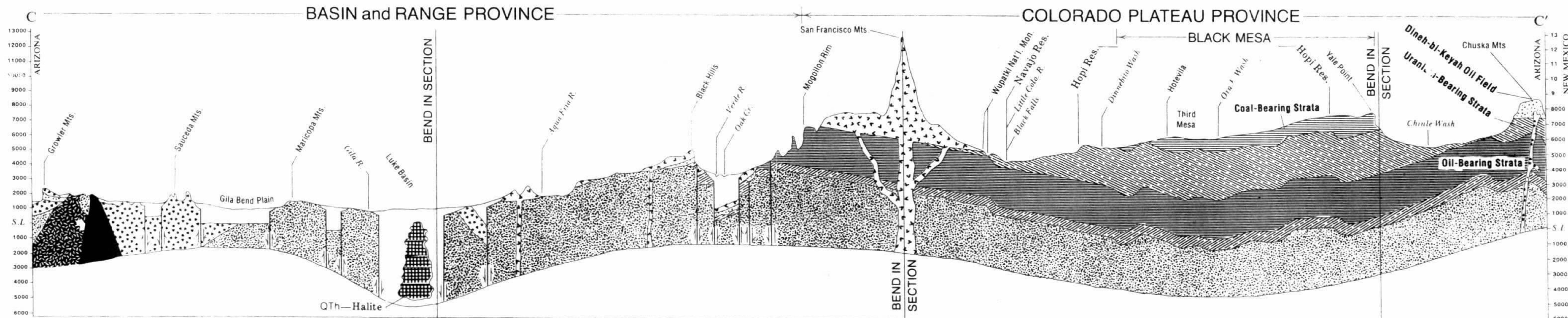
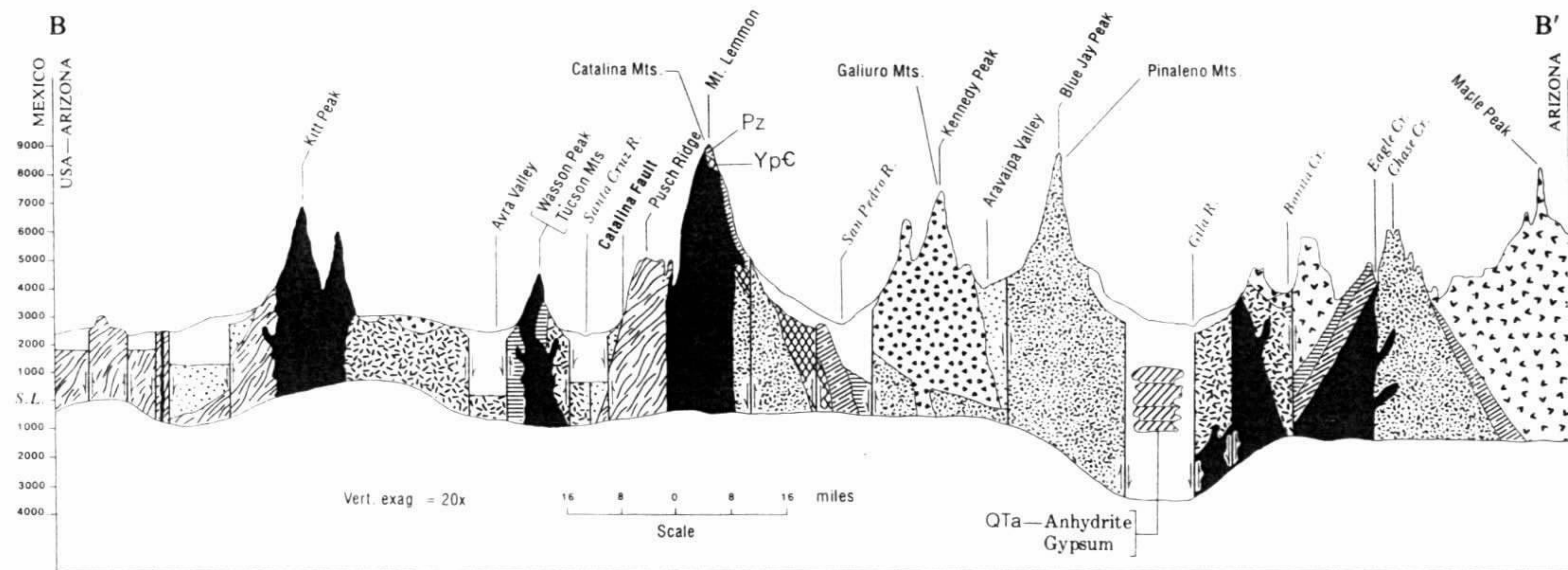
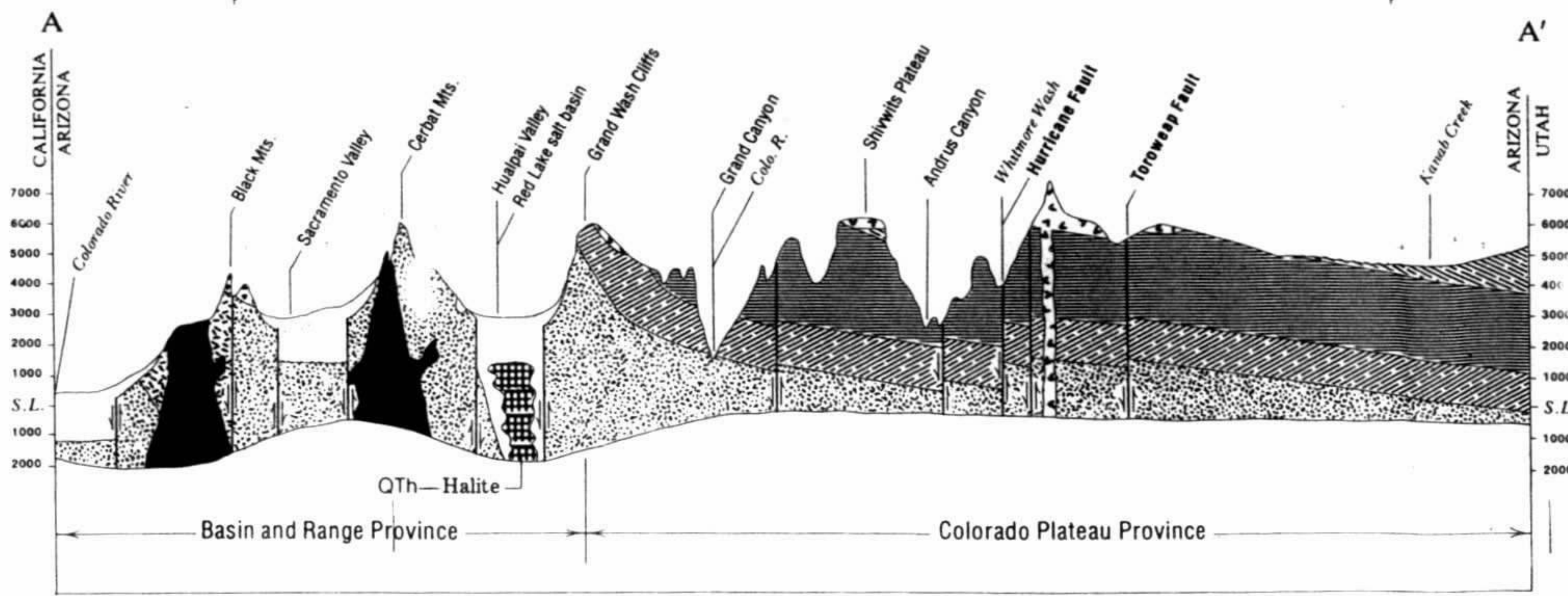


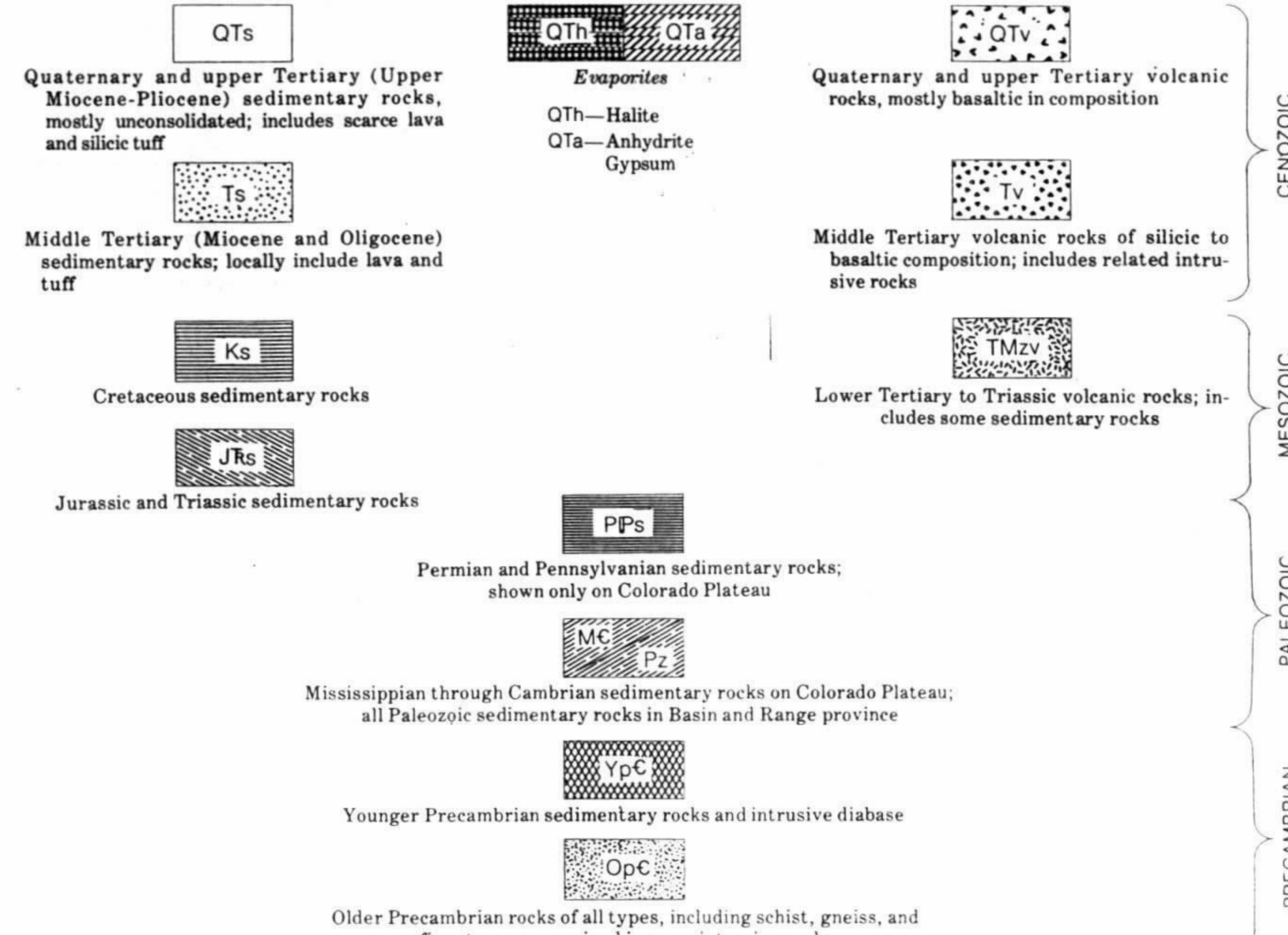
FIG. 14

GEOLOGIC MAP and CROSS-SECTIONS  
of  
ARIZONA

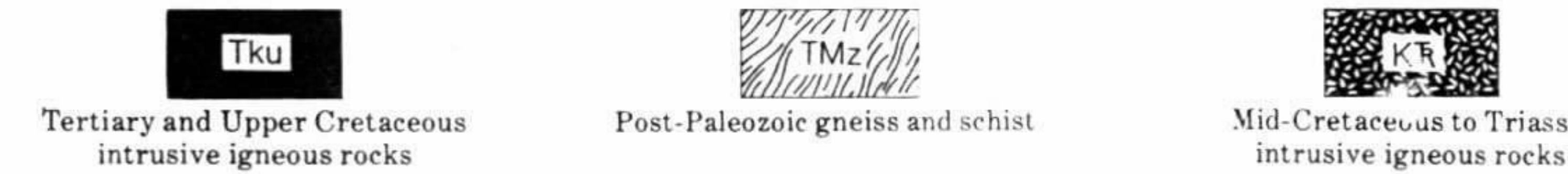


**EXPLANATION**

**SEDIMENTARY AND VOLCANIC ROCKS**



**OTHER METAMORPHIC AND INTRUSIVE IGNEOUS ROCKS**



Cross-Sections compiled by H. W. Peirce



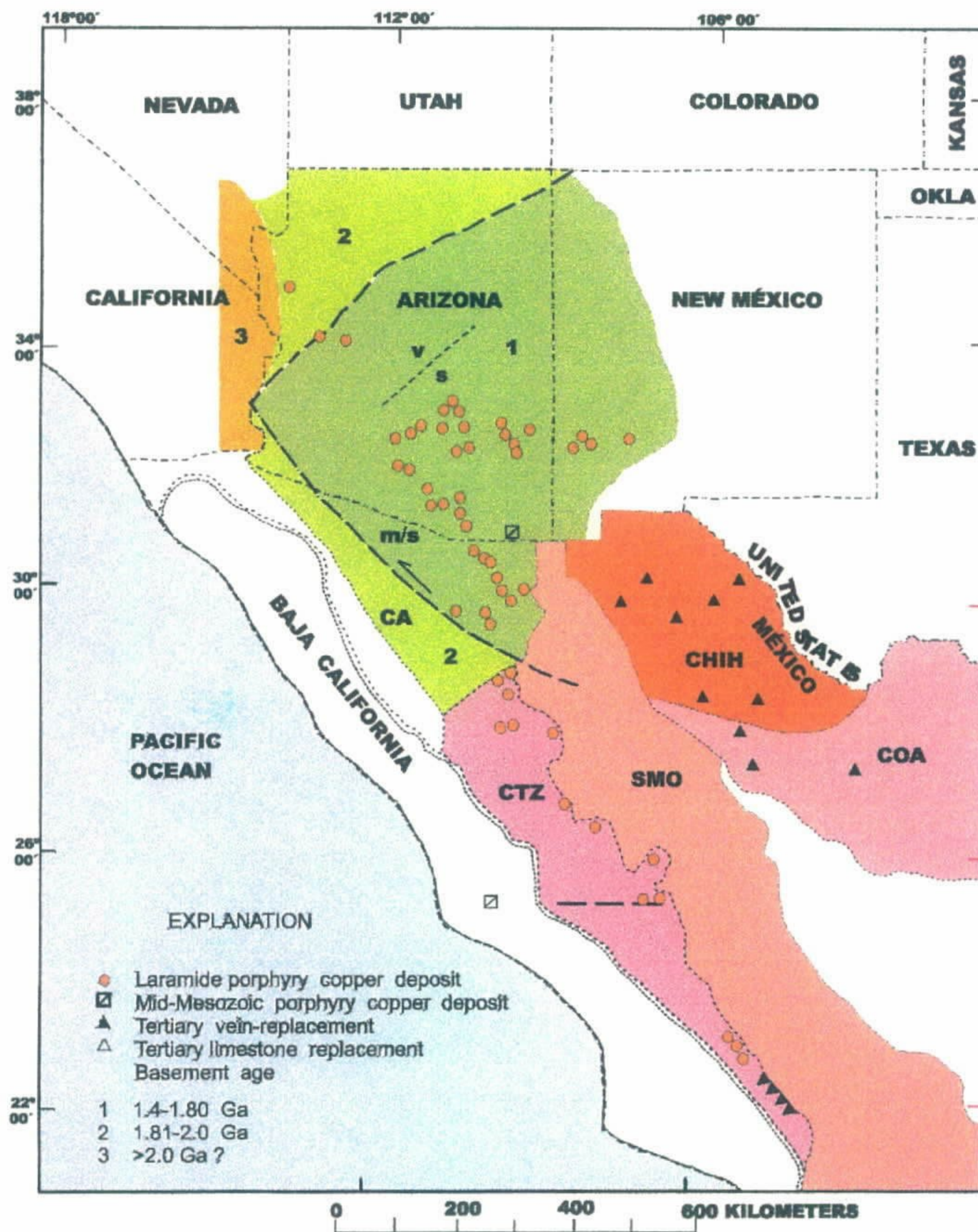


Fig. 15 - Mapa com as idades do embasamento do SW americano e designações no México, com os depósitos de Cu-pórfiro da orogenia laramide e outros estilos de depósitos da região (Titley, 1994). Mar de Cortez fechado para inferir configuração *Laramide* da Baixa Califórnia. Os terrenos no México incluem CHIH (Chihuahua), CA (Caborea), CTZ (Cortez), COA (Coahuila) e SMO (Sierra Madre Occidental-cobertura). O principal bloco de terreno no Arizona (1) pode ser parte do CHIH. O limite v/s representa aproximadamente o contato entre vulcânicas e sedimentos, respectivamente.