

**FOSFATOS DE BAYOVAR  
(VALE – PERU)**

# Bayovar: localização



NW do Peru – Departamento de Piura:

- 20 Km da costa pacífica.
- 120 Km de Piura (pop.: 660,000hab)
- 900 Km de Lima (pop.: 8 milhões hab).

Excelente condições de infra-estrutura: aeroporto, banco, porto e serviços em geral / atividades mineiras / complexo tema social.

# Bayovar: breve história



1955: International Petroleum Company (USA) descobre o depósito durante trabalhos de exploração para petróleo.

1961: Programa de sondagens (168 furos) permite estimar um potencial para 10Bt de minério.

1964 : Assume o projeto a Companhia Mineradora Bayovar S.A. (privada).

1971: O projeto foi estatizado pelo governo militar.

1979: INGEMMET executa o estudo geológico do Bayovar para o Instituto Geofísico do Peru (importante referencia em mapeamentos).

1979: Cheney, T.M. & McClellan, G.H. realizam excelente trabalho sobre a geologia da bacia sedimentar de Sechura e do depósito de Bayovar (importante referencia técnica).

1980: Caldas et al., integração e mapeamento geológico regional.

1982: Iniciado pelo governo o estudo de viabilidade.

1990: Criação da EMRGB - Empresa Mineradora Grau Bayovar (100% Governo regional – início de produção em baixa escala).

1994 : EMRGB atinge recorde de produção - 95,000tpa para mercados interno e externo.

1995: Elaboração do Projeto Integrado de Mina e Porto (Proyecto Jacobs Eng., 1995)

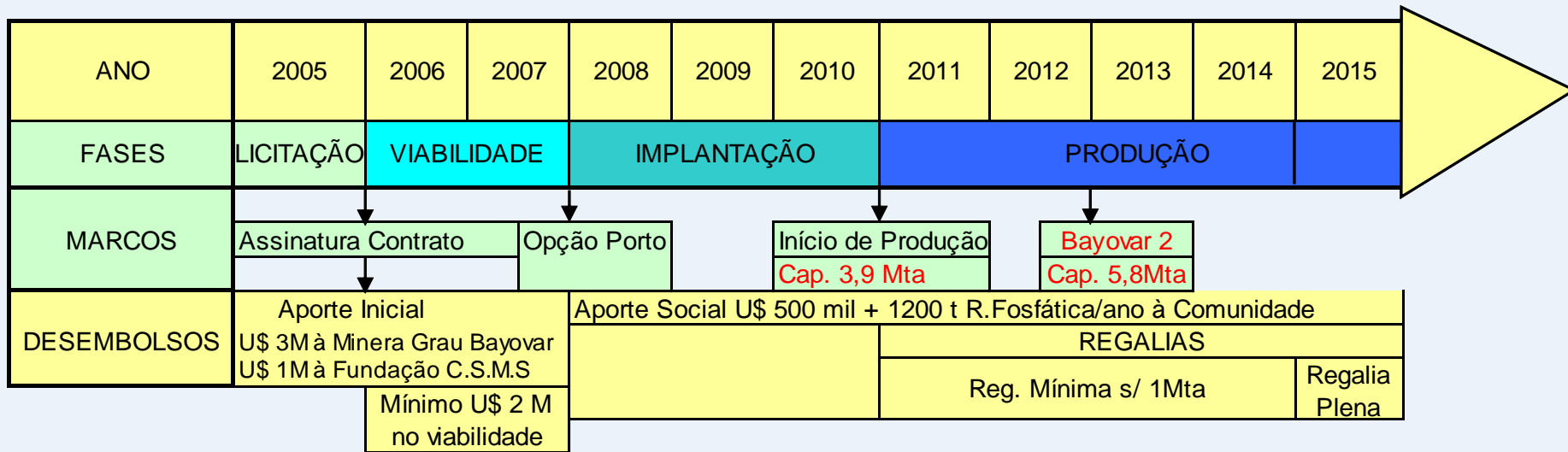
2000: Início do processo de privatização do Bayovar.

2005 (50 anos após a descoberta): Vale ganha a licitação do governo para desenvolver o Projeto.

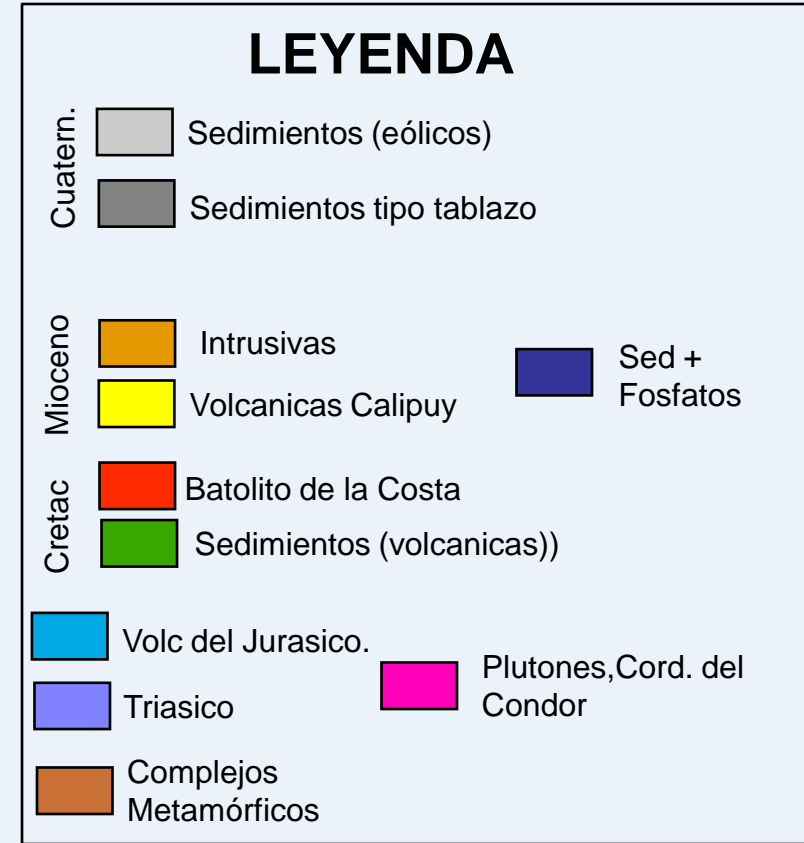
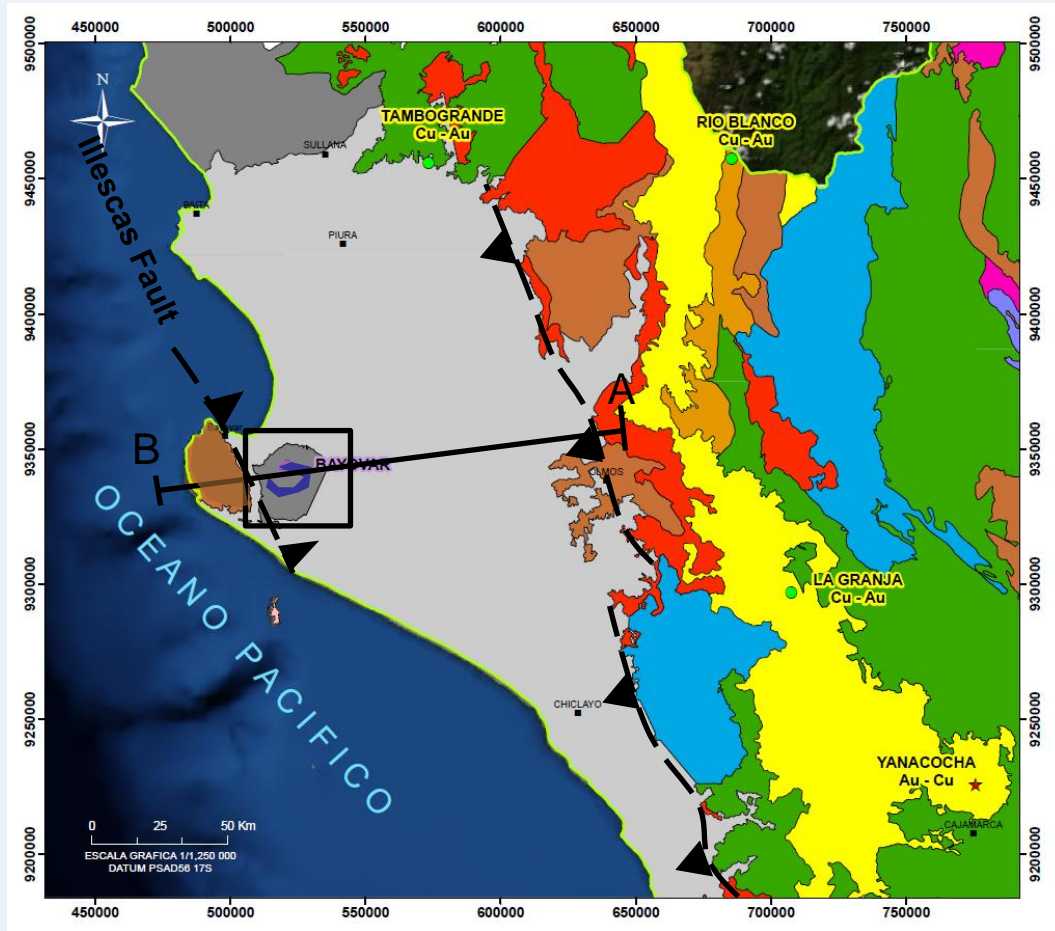
# Bayovar: cronograma de implantação Vale



## CHALLENGE

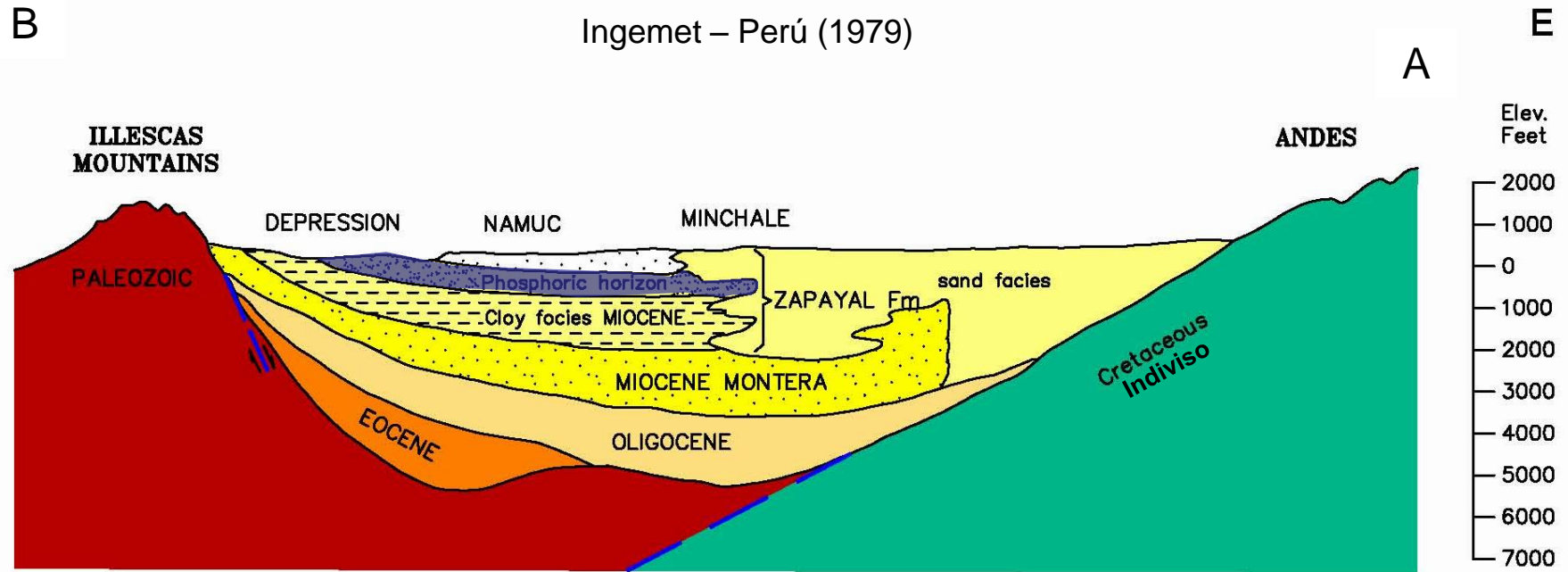


# Bayovar: geologia regional (simplificado)



## Principais eventos (Ingemet, 1979):

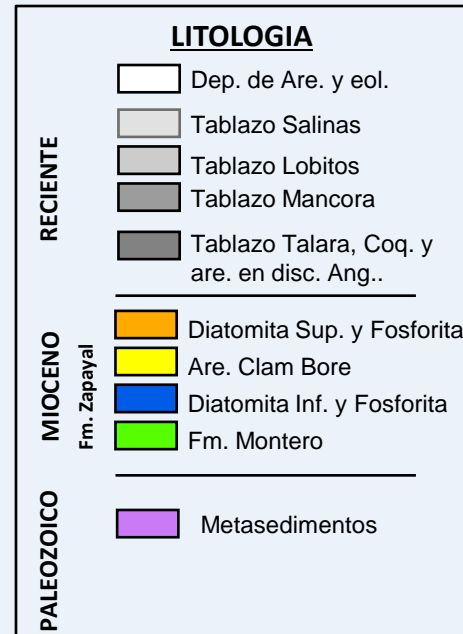
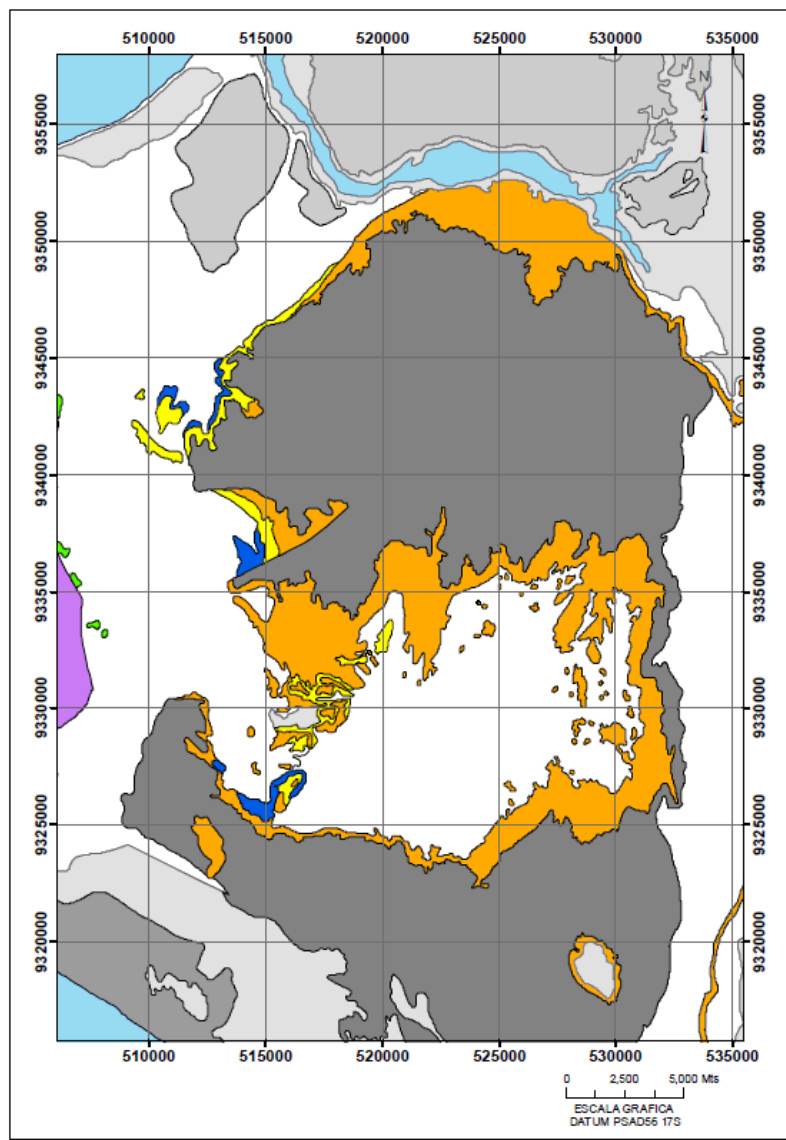
- Soerguimento tectônico do embasamento: blocos leste e oeste (Cerros Illescas) e ativação da falha Illescas.
- Contínua subsidência da zona central da Bacia de Sechura (Baía de Sechura).



Bacia Sedimentar de Sechura – Importância da Fm Zapayal:

- Hospedeira dos níveis fosfóricos com espessura e extensão passíveis de serem explorados.
- Ambiente deposicional caracterizado por rápida sedimentação em um ambiente sedimentar transgressivo.
- Principais membros: **Diatomitas Inferior e Fosforitos**, Arenitos “Clambor”, Diatomita Superior com Fosforitos e Diatomita estéril.

- Bayovar: geologia local



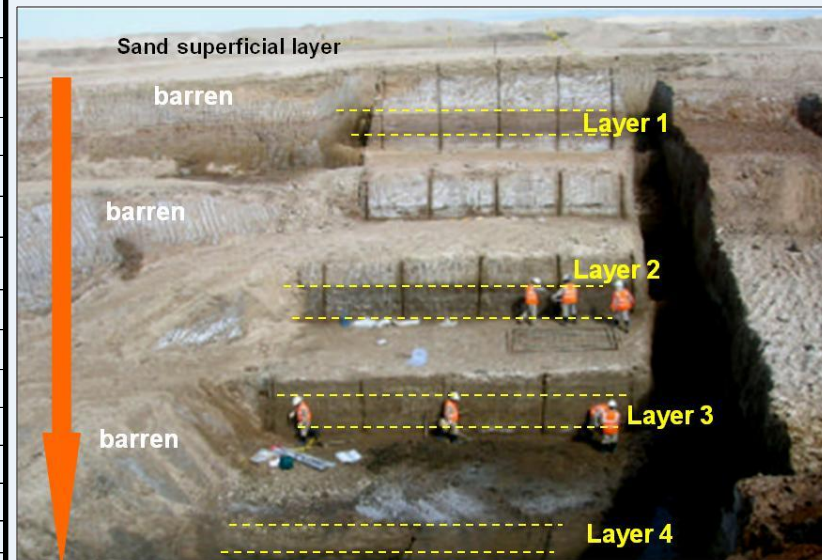
Importância da Fm Zapayal:

- Hospedeira dos níveis fosfóricos com espessuras e extensões passíveis de serem explotados.
- Ambiente deposicional caracterizado por rápida sedimentação em um ambiente sedimentar transgressivo.
- Principais membros: **Diatomitas Inferior e Fosforitos**, Arenitos “Clambor”, Diatomita Superior com Fosforitos e Diatomita estéril.

# Bayovar: geology / Fm Zapayal – coluna estratigráfica



Epoca	Formação	Member	Unidade	Rocha	
Recent	*	*	Deposito eolicos, planicie de inundação e deposito sal	Areia inconsolidada, Aluvial, Argila betuminosa, areia com sal e crosta de areia cimentada por sal	
Pliocene	*	*	Tablazo Talara	Coquina e Conglomerados Coquinoides	
Miocene	Zapayal	Barren Diatomite	*	Barren Diatomite	
		Membro superior de Diatomita e Fosforita	Diatomita Quechua	Diatomita pura com uma ou duas camadas de fosforita	
				Fosforita 3	
				Diatomite (phosphated)	
				Fosforita 2	
			Zona de Minerio Minerva	Diatomite (phosphated)	
				Fosforita 1	
				Diatomita Inca	Diatomita relativamente pura e Fosfatica
				Fosforita 0	
		Membro Arenito Clambore	Arenito Clambore	Arenitos	
			Tuff Cinza	Tufos Cinza	
		Membro Inferior de Fosforita e Diatomita	Zona de Minerio Diana	Phosphatic Diatomite	
				Phosphorite 1	
				Phosphatic Diatomite	
				Phosphorite 2	
				Phosphatic Diatomite	
				Phosphorite 3	
				Phosphatic Diatomite	
				Phosphorite 4	
				Phosphatic Diatomite	
Phosphorite 5					
Phosphatic Diatomite					
Phosphorite 6					
Phosphatic Diatomite					
Phosphorite 7					



• No drilling nor blasting

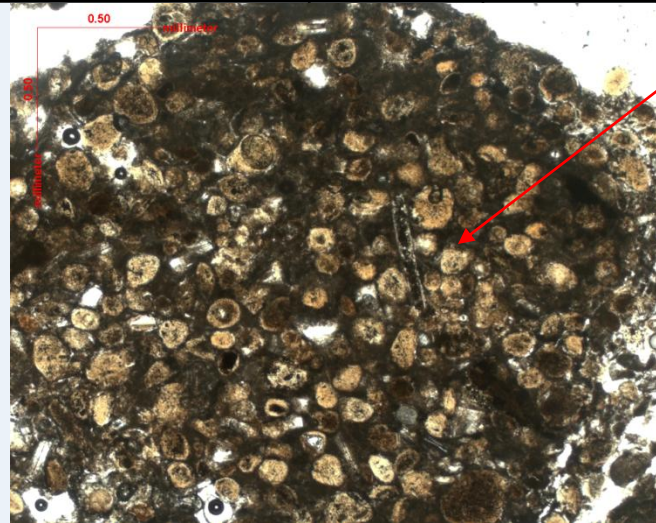
Características da zona do minério em Bayovar:

- O pacote sedimentar de interesse possui espessura entre 30 a 50m com teor médio entre 7 to 8% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.
- Ocorrem 7 camadas principais de fosforitas (camadas ricas em “pellets” de fosfatos) intercaladas com diatomitas e/ou diatomitas fosfóricas (há presença subordinada de delgados níveis de arenitos e tufos – níveis guias).
- As camadas de fosforitas mostram “pellets” normalmente em contato tangencial entre si, uma estreita correlação entre o grau de seleção dos “pellets” e os teores de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> das camadas (>seleção implica em > teores de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).
- As camadas de diatomitas e/ou diatomitas fosfóricas são constituídas por “pellets” finos e indistintas partículas nas frações diatomíticas. Esses sedimentos foram depositados em condições bastante distintas em relação aos níveis de fosforitas, ou seja, num ambiente de muito menor energia.

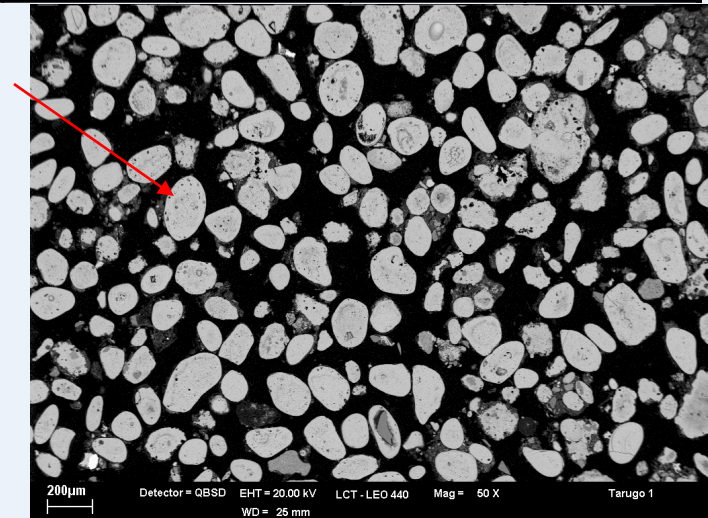
- Bayovar: geologia local

### Composição Mineralógica (fosforitas) – Amostras ROM - Camadas

Mineral	Camada 1	Camada 2	Camada 3	Camada 4	Camada 5	Camada 6	Camada 7
Apatita	68	40	60	52	48	52	41
Bassanita (Sulfato de cálcio)	10	5	9	6	9	7	6
Carbonato (anquerita+dolomita)	<1	26	3	7	13	7	9
Quartzo+argilomineral+hid de Fe+outros	22	29	28	34	29	35	45



Pellets de apatita

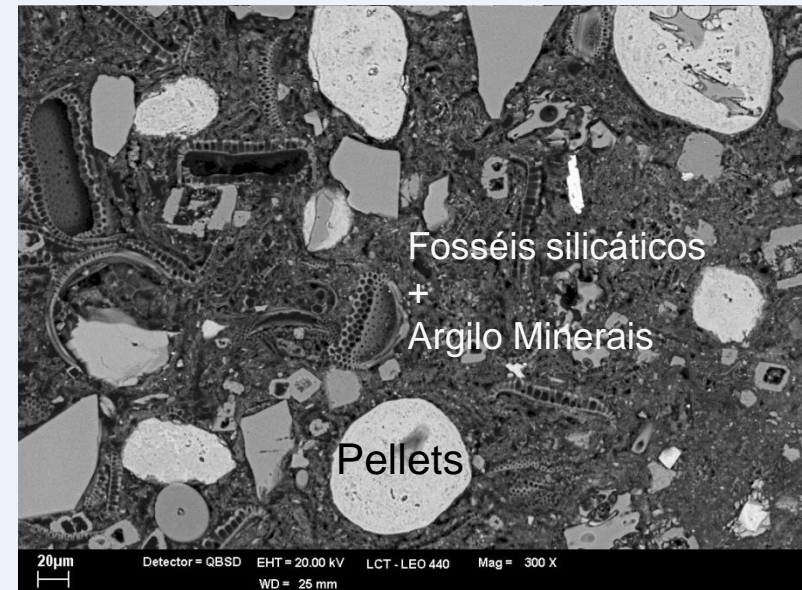
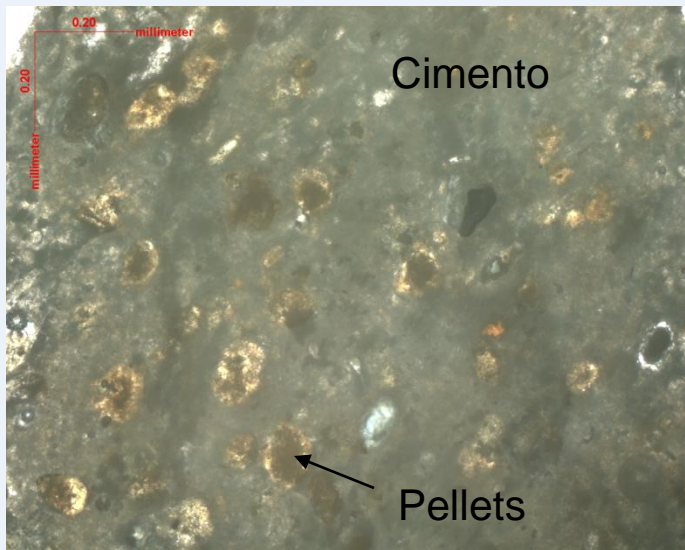


- Os pellets possuem diâmetro entre 0,80mm a 0,075mm com teor de 32,5% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (muitas impurezas).

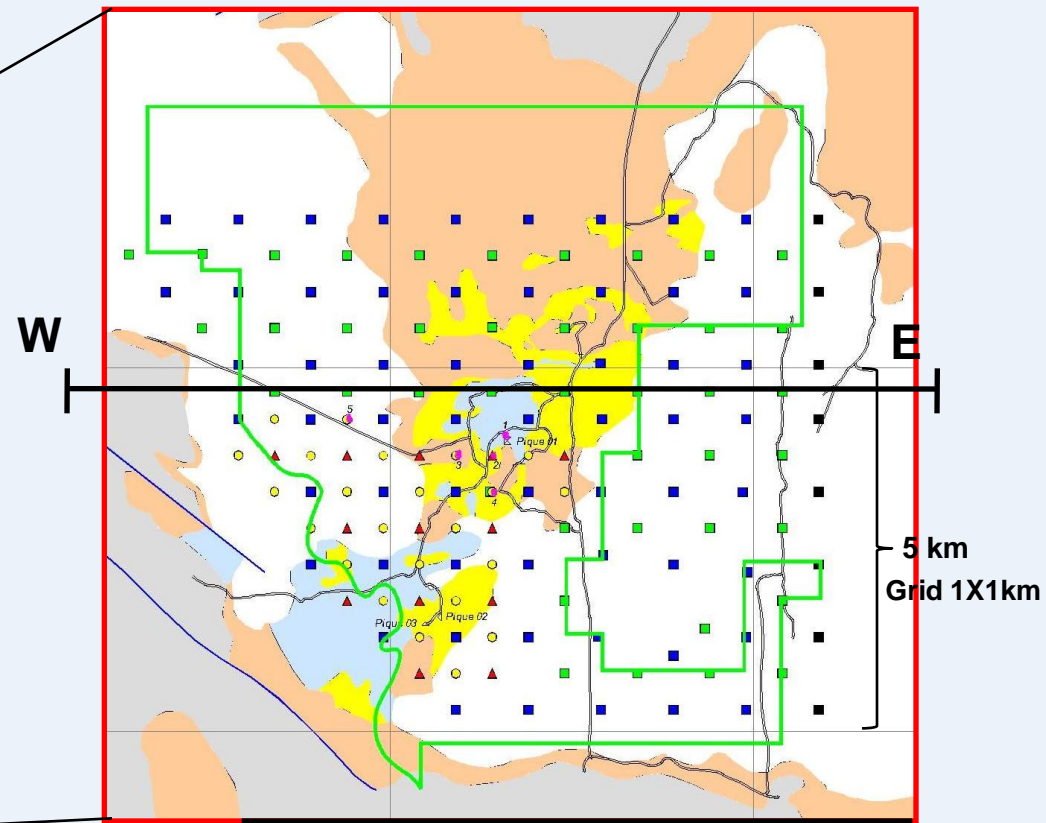
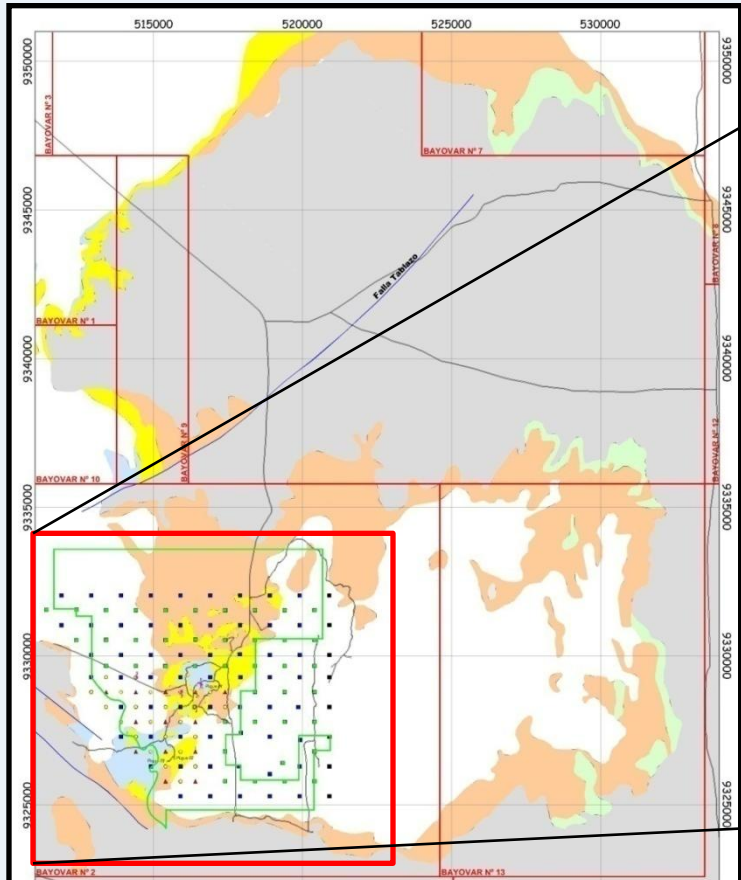
- Bayovar: geologia local

### Composição Mineralógica (diatomitas e diatomitas fosfóricas)

Mineral	Intercamada 1-2	Intercamada 2-3	Intercamada 3-4	Intercamada 4-5	Intercamada 5-6	Intercamada 6-7
Apatita	17	22	10	11	11	15
Bassanita	5	6	5	5	3	6
Carbonato (anquerita+dolomita)	6	13	35	38	28	26
Quartzo+argilomineral+ hid de Fe+outros	71	57	50	45	58	52



# Bayovar: avaliação de recursos / reservas



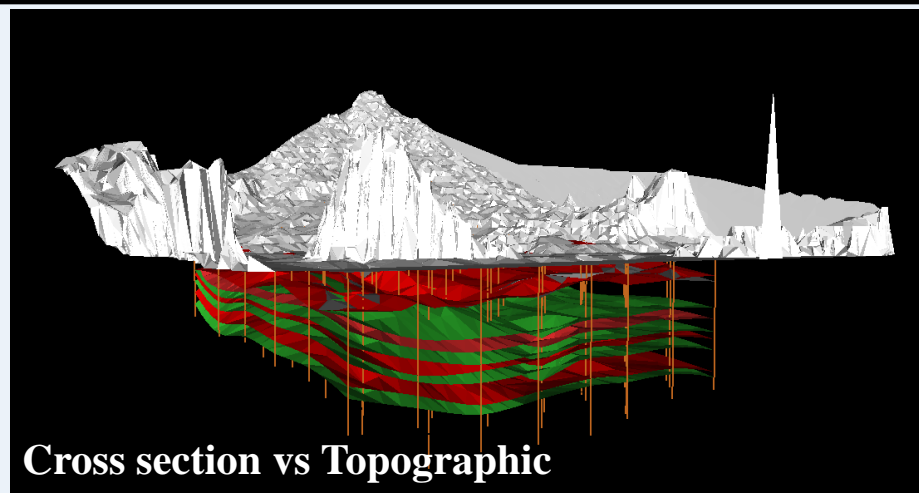
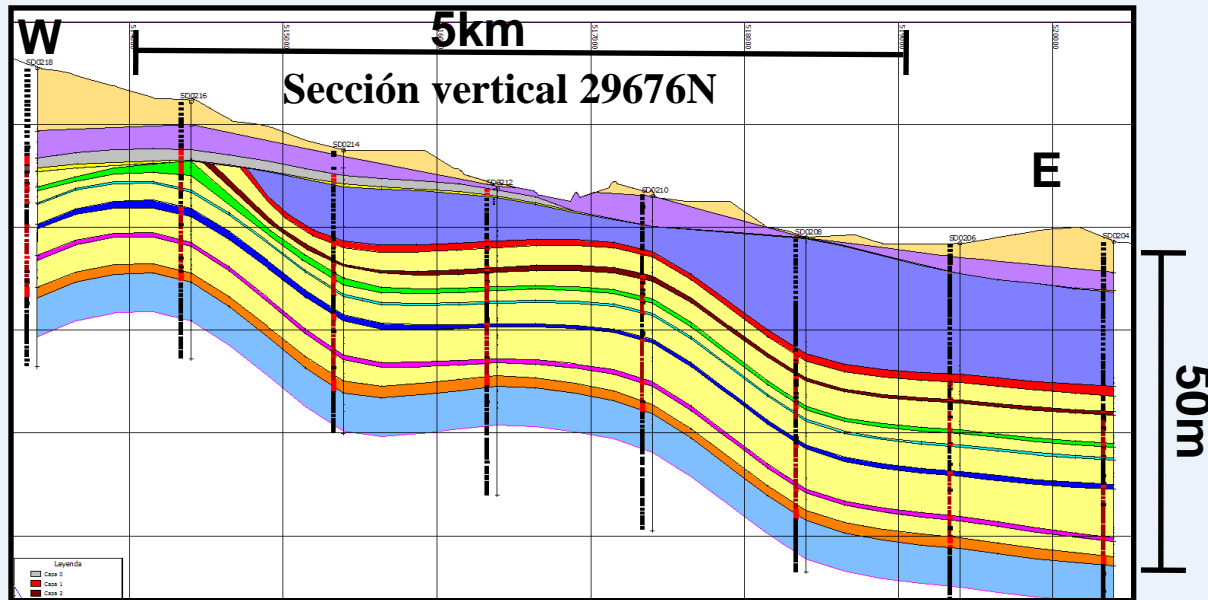
Litología	
Miembro	Unidad
	Depósitos eólicos / Depósitos llano Inundable/depósitos de sal
	Tablazo Talara
	Diatomita esteril
	Diatomita superior y fosforita
	Areniscas Clam Bore
	Diatomita inferior y fosforita

Simbología	
	Falla
	Contacto geológico
	Propiedad minera
	Carretera
	Area II
	Pique or
	Trinchera

Muestras	
Programa Fase I	
	Amarillo
	Azul
	Blanco
	Rojo
Programa Fase II	
	Verde

# Bayovar: avaliação de recursos



# Bayovar: avaliação de recursos



## Sumário dos trabalhos de avaliação de qualidade das análises químicas (QA/QC)

### Padrões gerais utilizados:

- Os furos (diamond drill) foram analisados para  $P_2O_5\%$ ,  $Fe_2O_3\%$ ,  $CaO\%$ ,  $Al_2O_3\%$ ,  $Na_2O\%$ ,  $K_2O\%$ ,  $MgO\%$ ,  $MnO\%$ ,  $SiO_2\%$ ,  $TiO_2\%$ ,  $BaO\%$  and Cd ppm .
- Total de 12,014 amostras foram coletadas e analisadas com rígidos controles em relação as litologias associadas.
- Intervalos de amostragem variaram desde 0.05m a 1.50 m.
- Laboratório de análises químicos utilizados: CIMM Peru (principal), ALS Chemex (secundário) e Actlabs (terciário).
- Amostras de padrões internacionais foram inseridas a cada 20 amostras regulares de amostragem.
- Amostras duplicadas foram inseridas a cada 20 amostras regulares para cada laboratório utilizado (CIMM PERU S.A, ALS CHEMEX and ACTLABS)
- Amostras de “brancos” foram inseridas a cada 20 amostras regulares.
- Em furos estrategicamente selecionados foram realizados estudos de densidades.

<b>RECURSOS CAPA01 A CAPA07 _ DEPOSITO BAYOVAR _ AGOSTO 2006</b>					
<b>TIPOLOGIA</b>	<b>CLASSE DE RECURSOS</b>	<b>VOLUME</b>	<b>DENSITY</b>	<b>TONELAGEM</b>	<b>P2O5</b>
<b>CAPA 1</b>	<b>TOTAL MED + IND</b>	<b>59,231,874</b>	<b>1.425</b>	<b>84,405,921</b>	<b>19.68</b>
<b>CAPA 2</b>	<b>TOTAL MED + IND</b>	<b>47,711,940</b>	<b>1.089</b>	<b>51,958,410</b>	<b>15.49</b>
<b>CAPA 3</b>	<b>TOTAL MED + IND</b>	<b>43,482,974</b>	<b>1.181</b>	<b>51,353,342</b>	<b>18.58</b>
<b>CAPA 4</b>	<b>TOTAL MED + IND</b>	<b>23,456,348</b>	<b>1.091</b>	<b>25,590,844</b>	<b>15.92</b>
<b>CAPA 5</b>	<b>TOTAL MED + IND</b>	<b>56,098,979</b>	<b>1.332</b>	<b>74,723,844</b>	<b>19.71</b>
<b>CAPA 6</b>	<b>TOTAL MED + IND</b>	<b>54,899,997</b>	<b>1.282</b>	<b>70,381,252</b>	<b>17.46</b>
<b>CAPA 7</b>	<b>TOTAL MED + IND</b>	<b>124,651,938</b>	<b>1.436</b>	<b>178,996,503</b>	<b>15.37</b>
<b>TIPOLOGIA</b>	<b>CLASSE DE RECURSOS</b>	<b>VOLUME</b>	<b>DENSITY</b>	<b>TONELAGEM</b>	<b>P2O5</b>
<b>RECURSOS</b>	<b>TOTAL MED + IND</b>	<b>409,534,050</b>	<b>1.312</b>	<b>537,410,117</b>	<b>17.230</b>

# Bayovar: estudos metalúrgicos



## Fases da amostragem

1. Excavation for sampling



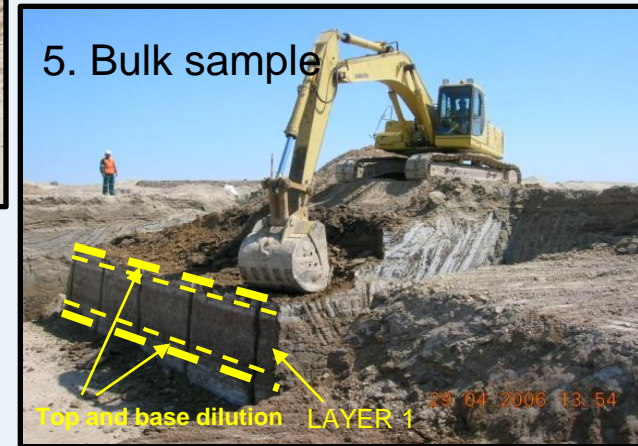
2. Pumping



3. Cleaning



5. Bulk sample



4. Mapping and channel sampling



## Principais resultados dos estudos metalúrgicos:

- Composição das fosforitas do Bayovar:

- Maioria dos pellets de fosfatos possuem entre 0.80 e 0.075 mm com 32.5 %  $P_2O_5$ .
- Gypsum, predominantemente na fração grossa e que constitui aglomerados duros com pellets de fosfatos.
- Diatomitos em “lodos” (slimes).
- Sais e umidade como restos de salmouras saturadas.

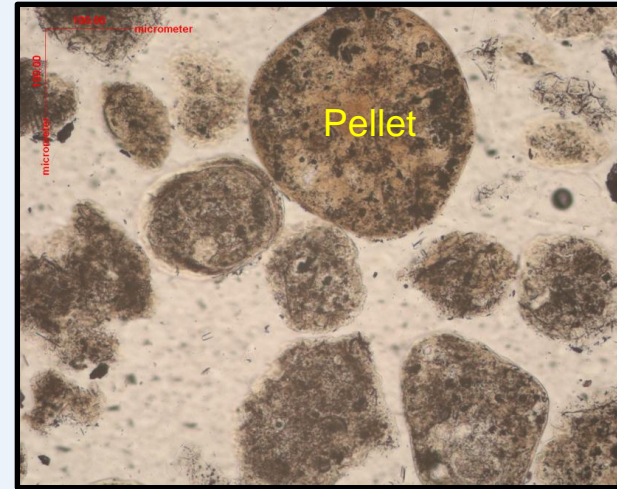
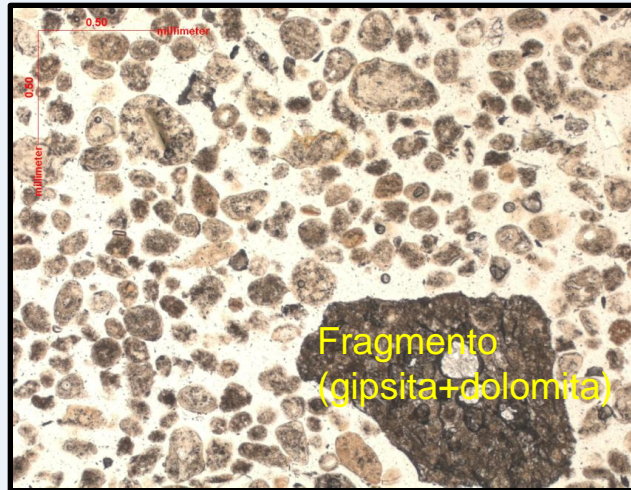
- Processo de beneficiamento desenvolvido envolve um relativamente simples processo de lavagem do minério:

- Liberação dos pellets de fosfatos da ganga por atrição e lavagem.
- Separação dos pellets de fosfatos da ganga por classificação por tamanho.
- Remoção de sais do concentrado através de lavagem por água doce.

- Secagem e Armazenagem

- Processo de secagem com uso de gás natural deixando o concentrado com uma umidade de 3% .
- Concentrado seco será transportado ao porto por faixas para escoamento final.

## Características mineralógicas do concentrado de Bayovar



Composição Mineralógica – apatita (83%); gipsita (8%); dolomita (<1); outros (9%)

Granulometria dos “pellets” – 80% passante em 200um

Os pellets apresentam-se 99% liberados e com a superfície limpa

	Average Concentrate Analysis			
	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	% R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% MgO	ppm Cd
Bed 1	30.4	2.18	0.58	38
Bed 2	30.6	2.24	0.65	43
Bed 3	29.1	2.14	0.52	47
Bed 5	30.5	1.19	0.75	43
Bed 6	27.0	3.09	0.57	18
Bed 7	26.1	4.13	0.62	37

Bayovar 1

Bayovar 2

# Bayovar: reservas / premissas econômicas



Alguns parâmetros econômicos:

- Processo de lavra: “céu aberto” sem uso de explosivos. Terá que lavar delgadas camadas de minério.
- Processo de lavra de processo com alta seletividade: camadas de minério de pouca espessuras intercaladas com capas estéreis também de poucas espessuras (diatomitas).
- Reservas de minério da 1a fase do Bayovar (camadas 01 a 05): 220MT @ 17.33% P2O5.
- Relação estéril/minério: 6:1
- Premissas econômicas de avaliação:
  - Produção de concentrado: 3,96Mta
  - Tempo de vida: 25 anos
  - Capex: USD 490M



Port (4)

Sechura Bay

Ramon and Napique Lake

Tubular Belt

Virrilla Estuary

National Interconnected System

Drying (2) and Storage (3)

Concentrate Unloading

Belt

Plateau

Energy Line

Seawater Pipeline

Industrial Road

Cerro Illescas

Concentrating Plant (1)

Salina Depression

Mine

Giant Dune

Plateau

1. Planta de concentrado (3,9Mta)



2. Planta de secagem



3. Silos (80kt)



4. Porto de Bayovar (8Mta)



# BAYOVAR

## MODELO GEOLÓGICO (PROPOSTAS PARA DISCUSSÃO)

Algumas premissas de discussão:

- Localização na borda da placa continental sulamericana em zona de ocorrência (desde o Jurássico) de subducção da placa oceânica de Nazca. Este contexto tectônico foi um propício ambiente para a formação de bacias do tipo “forearc” e “peripheral foreland”. O evento de formação de fosfatos ocorreu no Mioceno, quando este contexto tectônico se mantinha em atividade.
- A presença da fácies argila na base da Fm Zapayal evidencia uma associação desta com o início de uma transgressão marinha.
- A associação de fosfatos e diatomitos e sua relação com um depósito “worldclass” de fosfatos é única no mundo.
- A associação com elevada presença de fósseis (alto percentual de associação com matéria orgânica) indica uma deposição sedimentar em condições redutoras.

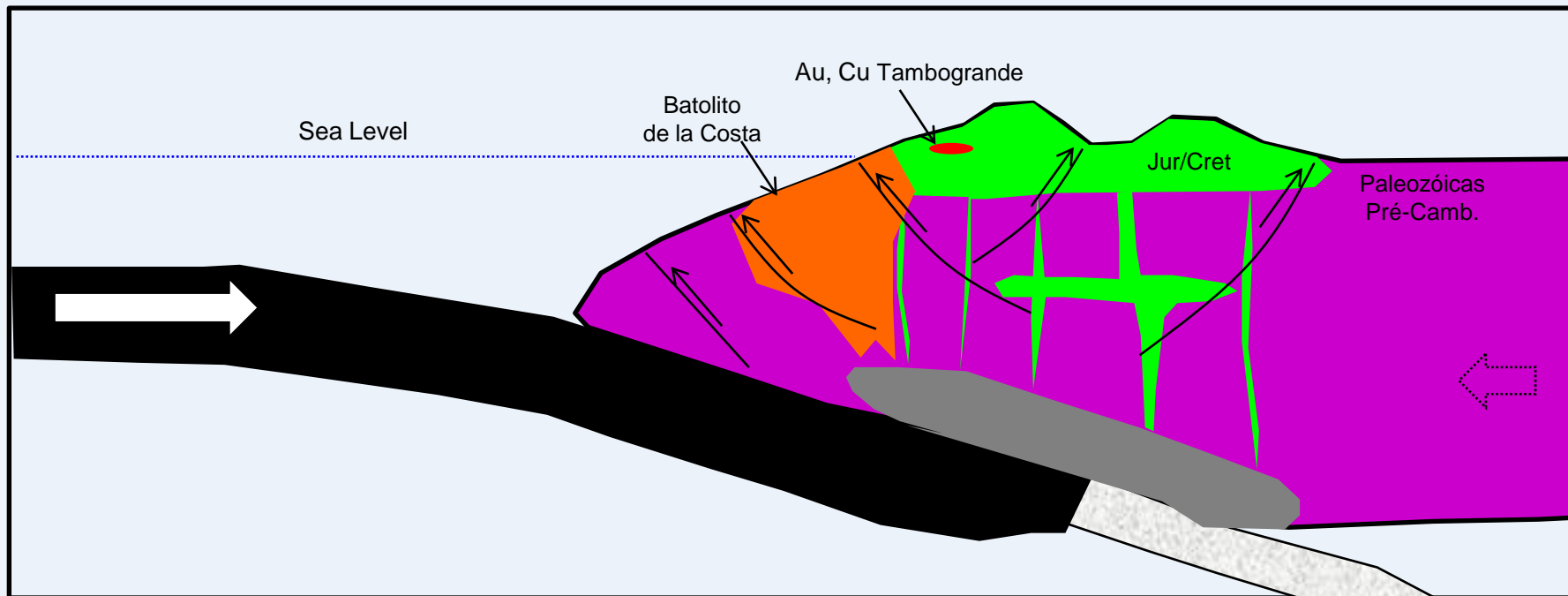
# Bayovar: modelo geológico



Algumas premissas de discussão:

- Durante o Mioceno origina-se a corrente de Humboldt: corrente costeira, de água fria e densa, rica em nutrientes e que ascende em zonas equatoriais, onde interage com águas oceânicas superficiais mais cálidas e de baixo % de nutrientes (processo ainda atual).
- A corrente de Humboldt por sua associação temporal, características descritas e proximidade com o depósito foi o provável responsável (“upwelling”) pela presença dos extensos volumes de matéria orgânica ricos em nutrientes (P) e responsáveis pela origem do depósito de Bayovar.
- A presença de “pellets” (oolitos) sugere que a matéria orgânica originalmente depositada, próximo a interface água-sedimento, foi concentrada por atividades biogênicas (diagenéticas?): incluem atividades bacterianas e outros no interior de poros dos sedimentos associados com água intersticial.
- A presença de feições sedimentares como diatomitas com estratificações cruzadas, seleção de “pellets” por camadas e outras características mecânicas de deposição, indicam que os “pellets” foram fisicamente transportados desde o seu ambiente de formação até o de sua deposição final.

## Jurássico - Cretáceo



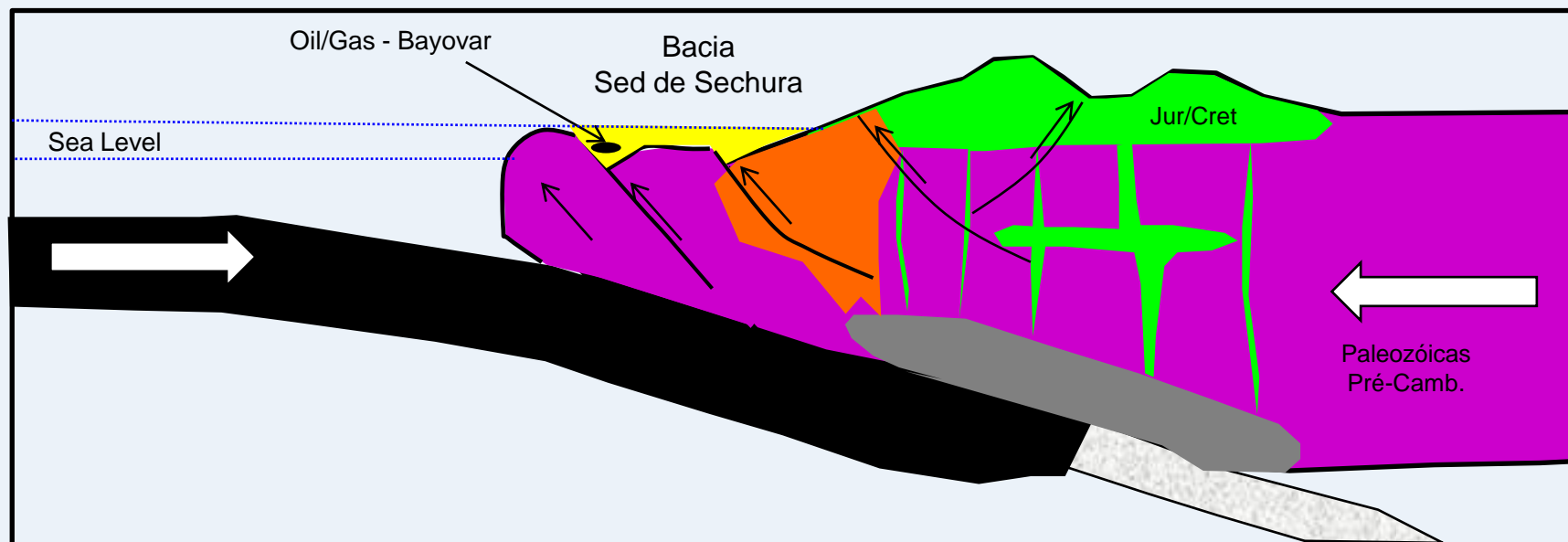
Jurássico: Marge Continental “Passiva” / alto ângulo de subducção / formação de bacias backarc.

Jurássico – Cretáceo: início da separação dos continentes (Sulamerica/África).

Transição para Margem Continental Ativa / menor ângulo de subduccao / inversão de bacias (acrescao crustal) + intrusivos (Batolito de la Costa).

Metalogenia: Cu (Au) – VMS (?) / Jurássico (?)

## Cretáceo - Terciário



Domínio da tectonica tipo Margem Continental Ativa (MCA - tipo Andina).

Eoceno-Oligoceno: sedimentação da porção basal da bacia sedimentar (continental – marinha)

Oligoceno: início da transição de bacias “forearc” – “peripheral foreland”

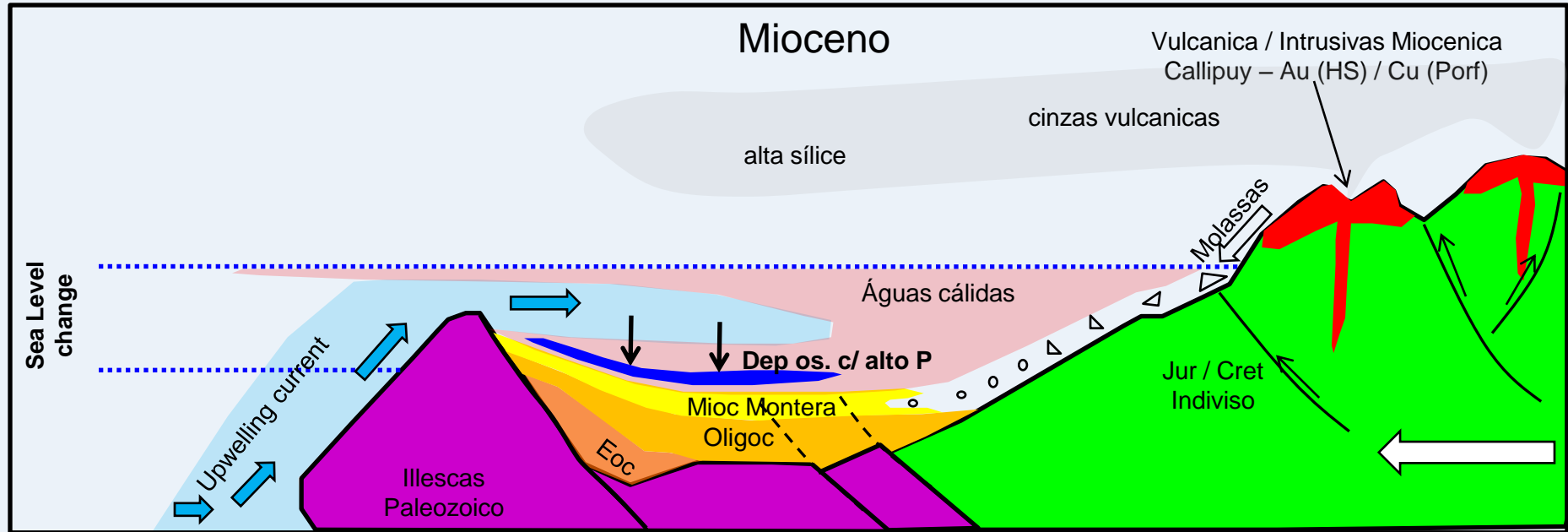
Metagenia: hidrocarbonetos (Eoceno)

# Bayovar: Bacia Sed de Sechura / Evol. Geológica



Origem do depósito: correntes de “upwelling” (Humboldt) X águas cálidas: deposição de matéria orgânica (alto P).

Diatomitos: associação com atividade vulcânica (cinzas).



Seqüência de Evolução do Bayovar (Mioceno): peripheral foreland basin / transgressão marinha / interação “coastal upwelling” com águas cálidas equatoriais (bacias restritas) + atividade tectônica e vulcanismo (cinzas vulcânicas) / extensiva morte de vida marinha e deposição de matéria orgânica rica em P / biogênese (pellets / oolitos) / retrabalhamento mecânico dos sedimentos / seleção física e formação das camadas ricas em pellets (fosforitas) alternadas com diatomitas.

Metalogenia: **P Bayovar** / Au (HS) + Cu Pórfiros.



VALE

Progresso em harmonia com as comunidades e preservação ambiental





Agradecimento Especial: **José Teotônio Fonseca**

Gerente do Projeto – Fase dos Estudos de Viabilidade (Coord dos trabalhos executados)

Agradecimentos:

Jalmiro Lazarini (Gerente do Projeto - Bayovar)

Marcos Giovanni, Arturo Latorraca e Viviana Chumacero  
(Geologia - Bayovar)

Leticia Loyola (Estudos Metalúrgicos)

Gregorio Flores, Silvia Kohler e Gissela Vasquez (Geologia  
– Exploração).

Moises Ortega (Vale – Peru).

Autores:

Paulo Varela (Vale América Andina)

Carlos Velito (Vale Bayovar)

e equipe Vale – DIPM