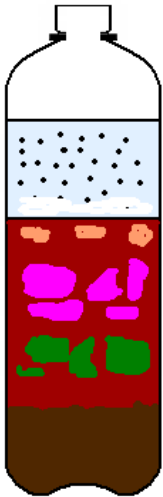


MICROORGANISMOS

COMO ANALISAR UMA COLUNA DE WINOGRADSKY



Numa coluna clássica, como a que figura no Guia 27 (*Como montar uma coluna de Winogradsky*), observa-se a liberação de gás (SH_2 , CO_2). No fundo da coluna podem aparecer algumas manchas pretas, devidas à reação química do SH_2 liberado pela ação bacteriana com o ferro do solo, representada na equação:



Dependendo da quantidade de ferro, as manchas podem se estender por toda a coluna.

Um pouco mais acima, manchas de cor púrpura e verde indicam o crescimento das bactérias do enxofre. Sendo menos exigentes em relação ao SH_2 , as bactérias púrpuras crescem antes que as verdes e acima delas. Havendo pouco oxigênio, as bactérias púrpuras podem florescer (*blooming*) chegando a ser visualizadas no líquido da parte superior da coluna.

A aparição de manchas de cor vermelha ou ferrugem por cima das bactérias púrpuras do enxofre pode se dever ao crescimento das denominadas bactérias não dependentes do enxofre (*Rhodospirillum*), que só suportam baixas concentrações de SH_2 .

Dependendo da origem das amostras do solo e do enriquecimento se observarão na superfície organismos pertencentes a diferentes grupos: Cianobactérias, Algas, Protistas e Invertebrados. De particular interesse é *Beggiatoa*, uma bactéria filamentosa que cresce em solos anóxicos e pode ser considerada um indicador de poluição.

INTERPRETAÇÃO

No fundo da coluna, a celulose e o enxofre estimulam o crescimento de bactérias específicas. Algumas (*Clostridium*) degradam a celulose liberando glicose, que é tanto fonte de carbono como fonte de energia, via fermentação. Cria-se um ambiente anóxico e, ao longo da coluna, se estabelece um gradiente de oxigênio onde o fundo é anaeróbio e a superfície aeróbia.

No ambiente anóxico do fundo da coluna proliferam outras bactérias (*Desulfovibrio*). Sua fonte de carbono são os subprodutos das fermentações anteriores. A energia é obtida mediante respiração anaeróbica, reduzindo o enxofre S^0 e o sulfato SO_4^{2-} disponível a SH_2 . Este último se difunde formando na coluna um gradiente de SH_2 inverso ao do oxigênio.

Parte do SH_2 que chega até a parte superior da coluna é oxidado a sulfato por bactérias incolores aeróbias (*Beggiatoa*, *Thiobacillus*, *Thiotrix*) que turvam a superfície do líquido. O sulfato se difunde até embaixo, instaurando na coluna um conjunto de reações de oxidação e redução característico do ciclo do enxofre.

Ao longo da coluna e em função das condições ambientais (presença de oxigênio e de SH_2) é possível reconhecer outras comunidades bacterianas relacionadas com o ciclo do enxofre. Na parte inferior, onde as condições são anaeróbias, crescem bactérias dependentes do enxofre, visualizadas como manchas verdes (*Chlorobium*) e/ou púrpuras (*Chromatium*). Trata-se de um grupo de bactérias que realiza uma fotossíntese anoxigênica, onde o SH_2 substitui a água e se produz S elemental.

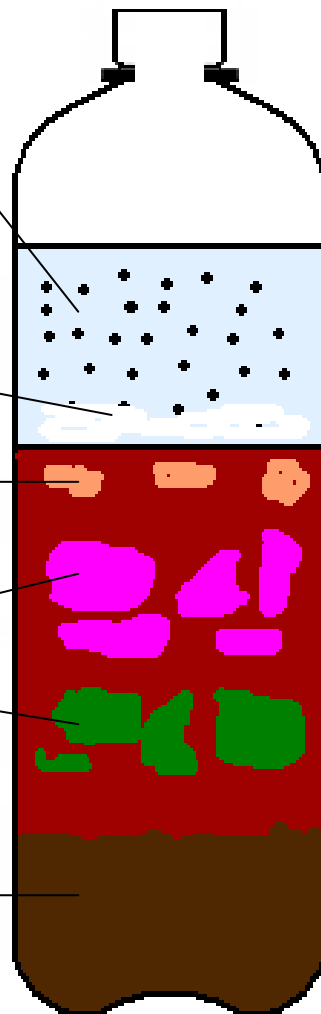
Organismos autofototróficos e quimio-heterotróficos (Invertebrados, Protistas, Algas, Diatomeas, Cianobacterias)

Bactérias quimioautotróficas (*Beggiatoa*, *Thiobacillus*, *Thiotrix*)

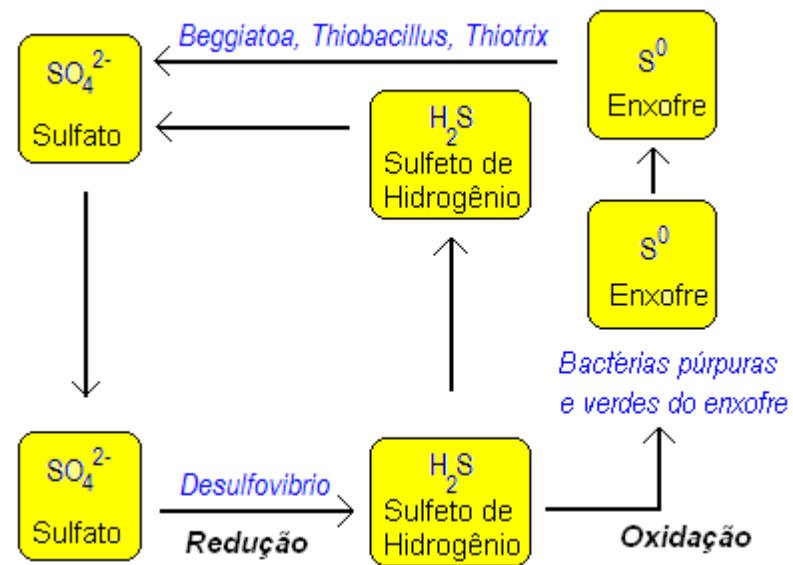
Bactérias não dependentes do enxofre foto-heterotróficas (*Rhodospirillum*, *Rhodopseudomonas*)

Bactérias do enxofre fotoautotróficas (*Chromatium*, *Chlorobium*)

Bactérias quimio-heterotróficas (*Desulfovibrio*, *Clostridia*)



Colunas de Winogradsky construídas com areia e água das praias de Urca e Angra dos Reis (RJ)



MICROORGANISMOS / COMO ANALISAR UMA COLUNA DE WINOGRADSKY

BIBLIOGRAFIA

MADIGAN, M.T. et al. Microbiologia de Brock. São Paulo, Pearson Education do Brasil, 2004.

Existem inúmeros e bons protocolos na Internet, sendo os meus preferidos:

Building a Winogradsky Column. An Educator Guide with Activities in Astrobiology.
http://quest.nasa.gov/projects/astrobiology/fieldwork/lessons/Winogradsky_5_8.pdf

Deacon, J. The Microbial World: Winogradsky column: perpetual life in a tube.
<http://www.biology.ed.ac.uk/research/groups/jdeacon/microbes/winograd.htm>

La colonne de Winogradsky. Illustration de la photosynthèse microbienne et du cycle du soufre.
<http://www2.ac-lyon.fr/enseigne/biotech/Winogradsky.html>

COMPLEMENTOS

Tabela 1: Diferentes modalidades nutritivas dos seres vivos.

Modalidade nutritiva		Fonte de carbono	Fonte de energia	Grupos que apresentam essa modalidade
Autotrófica	Fotoautotrófica	Inorgânica (CO ₂)	Luz (fotossíntese oxigênica o anoxigênica)	Plantas, Protistas, Eubactérias
	Quimioautotrófica ou litoautotrófica	Inorgânica (CO ₂)	Oxidação de compostos inorgânicos: H ₂ , NH ₃ , Fe ²⁺ , H ₂ S (metabolismo litotrófico)	Eubactérias
Heterotrófica	Foto-heterotrófica	Orgânica	Luz	Eubactérias, Arqueas
	Quimio-heterotrófica	Orgânica	Oxidação de compostos orgânicos (respiração aeróbia, respiração anaeróbia, fermentação)	Animais, Fungos, Protistas, Eubactérias, Arqueas

MICROORGANISMOS / COMO ANALISAR UMA COLUNA DE WINOGRADSKY

Tabela 2: A estratificação microbiana em uma coluna de Winogradsky.

O ₂	SH ₂	SO ₄	ZONA DA COLUNA	MICROORGANISMOS	CARACTERÍSTICAS METABÓLICAS
			AERÓBIA Água	Protozoários, Algas, Cianobactérias	Microrganismos quimio-heterotróficos Microrganismos foto-autotróficos (fotossíntese oxigênica)
			MICROAERÓFILA Interface água-lodo	Bactérias sem pigmentos que oxidam o SH ₂ (<i>Beggiatoa</i> , <i>Thiobacillus</i> , <i>Thiotrix</i>)	Microrganismos quimio-autotróficos Obtém energia por oxidação do SH ₂ proveniente das camadas inferiores a sulfato ou enxofre; sintetizam sua própria matéria orgânica a partir de CO ₂ . Estes microrganismos turvam a água; <i>Beggiatoa</i> forma filamentos; os <i>Thiobacilli</i> podem oxidar S, SH ₂ , tiosulfato e Fe.
			ANAERÓBIA SUPERIOR Lodo pobre em H ₂ S	Bactérias vermelhas e verdes não dependentes do enxofre (<i>Rhodospirillum</i> , <i>Rhodopseudomonas</i> , <i>Rhodobacter</i> , <i>Chloroflexus</i>)	Microrganismos foto-heterotróficos Trata-se de um grupo de bactérias muito versáteis que obtém energia por fotossíntese anoxigênica, utilizando como fonte de carbono os ácidos orgânicos do meio, açúcares ou álcool. Na escuridão, são capazes de respirar ou fermentar. Fixam N ₂ . Estas bactérias são inibidas por altas concentrações de SH ₂ . Geralmente, formam manchas de cor vermelho ferrugem.
			ANAERÓBIA MÉDIA Lodo rico em H ₂ S	Bactérias vermelhas (púrpura) dependentes do enxofre (<i>Chromatium</i>)	Microrganismos foto-autotróficos. Estas bactérias absorvem a energia luminosa e fotossintetizam utilizando, em vez de H ₂ O, o SH ₂ como fonte de H ₂ .
		Bactérias verdes dependentes do enxofre (<i>Chlorobium</i>)		Não produzem oxigênio. Acumulam ou excretam S. Sua fonte de carbono é o CO ₂ .	
			ANAERÓBIA INFERIOR Lodo enriquecido com enxofre e celulose	Bactérias redutoras de sulfato (<i>Desulfovibrio</i>)	Microrganismos quimio-heterotróficos. Obtém energia por respiração anaeróbia utilizando sulfato (ou enxofre) como aceptor alternativo de elétrons e produzindo SH ₂ que se difunde em direção às camadas superiores. Sua fonte de carbono são os produtos de fermentação da camada bacteriana inferior.
		Bactérias estritamente anaeróbias (<i>Clostridium</i>)		Microrganismos quimio-heterotróficos. Obtém energia por fermentação da glicose liberada por digestão da celulose. Sua fonte de carbono é a celulose. Formam compostos orgânicos simples que se difundem na camada superior.	