



# **Corso di formazione**

***Le acque superficiali, i sedimenti e il biota***

---

## **GLI INDICATORI MICROBIOLOGICI DELLE ACQUE E DEI SEDIMENTI**

**Francesca Anna Aulicino**  
**Istituto Superiore di Sanità**  
**Roma**

**Roma, 1 dicembre 2003**



# Acque superficiali e sedimenti

- ∞ **Acque di mare, laghi, fiumi, invasi artificiali, ecc.**
- ∞ **Sedimenti marini, fluviali, lacustri..... ma anche materiale sedimentato in reti idriche, fanghiglie, ecc.**



# Indicatori

---

⌚ **Perchè?**

⌚ **Quali indicatori?**

⌚ **Come?**

# Normative

- ⌚ **DPR n.236-1988 (Acque potabili)**
- ⌚ **Direttiva 83/CE-1998 (Acque potabili)**
- ⌚ **Acque da destinarsi all'uso potabile**
  
- ⌚ **DPR n.470-1982 (Balneazione)**
- ⌚ **Proposta CE modifica balneazione**
- ⌚ **Annapolis Protocol (Nuovi approcci per future direttive su balneazione) (1998-1999)**
  
- ⌚ **DL n.152-1999 ( Tutela delle acque dall'inquinamento)**

# Parametri microbiologici nelle normative

<b>DPR 236 1988</b>	<b>DIRETTIVA UE 1998</b>	<b>DPR 470 1982</b>	<b>PROPOSTA BALNEAZ UE</b>	<b>DL 152 1999</b>
<b>CT</b>	<i><b>E. coli</b></i>	<b>CT</b>	<i><b>E. coli</b></i>	<i><b>E. coli</b></i>
<b>CF</b>	<b>Enterococchi</b>	<b>CF</b>	<b>Enterococchi</b>	<b>CT</b>
<b>SF</b>	<b>CT</b>	<b>SF</b>	<b>Enterovirus ?</b>	<b>CF</b>
<b>CBT 37°C</b>	<i><b>Clostridium perfringens</b></i>	<b>Enterovirus</b>		<b>SF</b>
<b>CBT 22°C</b>		<i><b>Salmonella</b></i>		<b>Enterococchi</b>

# Indicatori di fecalizzazione nei sedimenti

- ❧ I microrganismi presenti nell'acqua aderiscono attivamente al particolato solido dei sedimenti...
- ❧ ....migrando attivamente verso superfici ricche di sostanze organiche,
- ❧ aderendovi e, in molti casi, replicandovisi.
  
- ❧ I sedimenti sono lo specchio della composizione microbica dell'acqua e possono essere analizzati per evidenziare eventi pregressi di contaminazione (i.e. **clostridi, miceti**)

# Indicatore microbiologico vuol dire tante cose diverse



Indicatore .....

...della fonte di contaminazione

.. dello stato di colonizzazione

.. della contaminazione da liquami

...dello scarico di fanghi di impianti in acque superficiali

.. dell'efficacia del trattamento delle acque

...di fecalizzazione umana e animale

.. di fecalizzazione solo umana

.. di contaminazioni del suolo

..ecc, ecc, ecc. **Di conseguenza.....**

**.... occorre fare opportune considerazioni preliminarmente alla sua scelta**

# Malattie indotte da batteri patogeni presenti nelle acque

**Salmonella spp**

‣ **Tifo, paratifo, gastroenteriti, setticemia**

**Shigella spp**

‣ **Dissenteria emorragica**

**Vibrio cholerae**

‣ **Colera**

**Campylobacter spp**

‣ **Gastroenteriti**

**E.coli enterotossica**

‣ **Diarrea profusa**

**E.coli enteroemorr.**

‣ **Dissenteria emorragica**

**Yersinia enterocol.**

‣ **Gastroenteriti acute, setticemia, adeniti acute nei bambini, ecc**

**Legionella pneum.**

‣ **Polmoniti, febbre di Pontiac, infezioni di ferite**



# Malattie indotte da virus patogeni presenti nelle acque

Ω **Adenovirus**

Ω ▶ **Faringiti, congiuntiviti, vomito, diarrea**

Ω **Enterovirus**

Ω ▶ **Poliomielite, diarree, meningiti, malattie respiratorie, miocarditi**

Ω **Virus epatite A ed E**

Ω ▶ **Epatiti**

Ω **Norwalk virus**

Ω ▶ **Enteriti**

Ω **Rotavirus**

Ω ▶ **Enteriti**

Ω **Small Round virus**

Ω ▶ **Enteriti**

Ω **Astrovirus**

Ω ▶ **Enteriti**

Ω **Calicivirus**

Ω ▶ **Enteriti**

# Malattie indotte da protozoi patogeni presenti nelle acque

- ⌚ *Cryptosporidium parvum*
  - ▶ Diarree anche per settimane
- ⌚ *Giardia duodenalis*
  - ▶ Diarree
- ⌚ *Entamoeba histolytica*
  - ▶ Diarree, dissenteria
- ⌚ *Balantidium coli*
  - ▶ Balantidiasi
- ⌚ *Isospora spp*
  - ▶ Coccidiosi
- ⌚ *Cyclospora cayetanensis*
  - ▶ Diarree, anoressia
- ⌚ *Toxoplasma gondii*
  - ▶ Febbre, aborto, danni al feto

# Malattie indotte da batteri opportunisti presenti nelle acque

- *Aeromonas hydrophila, sobria, caviae* ○ ▶ Gastroenteriti, endocarditi, setticemie, infezioni di ferite
- *Pseudomonas aeruginosa* ○ ▶ Gastroenteriti, infezioni ferite-ustioni, ecc
- *Pseudomonas cepacia* ○ ▶ Infezioni della pelle, endocarditi, ecc
- *Acinetobacter sp* ○ ▶ Setticemie, meningiti, infezioni urinarie, ecc
- *Providencia, Proteus* ○ ▶ Gastroenteriti
- *Flavobacterium* ○ ▶ Infezioni ferite-ustioni, meningiti
- *Mycobacterium kansasii* ○ ▶ Infezioni polmonari
- *Citrobacter freundii* ○ ▶ Gastroenteriti

# Le epidemie in Inghilterra ed USA dal 1911 al 1998

- ⌚ Fino agli anni 70 gli episodi epidemici sono imputabili soprattutto a **tifo e paratifo**.
- ⌚ Successivamente si nota il declino delle infezioni tifoidi a vantaggio di malattie di natura virale e protozoaria
- ⌚ Si registra incremento dei casi di infezioni, imputabili a **Cryptosporidium**.
- ⌚ Attualmente si registra, anche, incremento dei casi di infezioni di origine idrica imputabili a patogeni batterici emergenti (**Campylobacter, Yersinia, E.coli O152, Legionella**)

# L'acqua e la prevenzione delle malattie epidemiche

❧ **Controlli mirati alla verifica diretta dell'assenza dei microrganismi patogeni non possono essere realizzati perchè:**

- ❧ ▶ i metodi per rilevare i microrganismi patogeni (batteri, virus e protozoi) prevedono tempi lunghi, spese elevate e difficoltà tecniche
- ❧ ▶ dovrebbero essere rilevati numerosi gruppi di patogeni, cosa improponibile nell'ambito di un sistema di monitoraggio,
- ❧ ▶ l'assenza accertata di un patogeno non esclude l'assenza di altri patogeni

❧ **DI CONSEGUENZA OCCORRE UTILIZZARE INDICATORI DI CONTAMINAZIONE FECALE**

# La scelta degli indicatori di contaminazione fecale

- ⌚ **Alla fine del secolo scorso (1891), quando fu chiaro il ruolo dell'acqua nelle epidemie di colera e tifo, si eseguivano, in città come Londra, analisi batteriologiche delle acque**
- ⌚ **Si sentiva, però, la necessità di mirare le analisi microbiologiche a gruppi batterici, capaci di individuare condizioni di fecalizzazione delle acque**
- ⌚ **Houston affermò l'importanza di rilevare batteri caratteristici della flora intestinale e, quindi, presenti nelle feci umane ed animali e cioè.....**
- ⌚ **COLIFORMI FECALI - STREPTOCOCCHI FECALI - CLOSTRIDI**

# Gli indicatori di contaminazione fecale dovrebbero soddisfare i seguenti criteri

- ❧ Essere utilizzabili per tutte le categorie di acque
- ❧ Essere presenti (in numero elevato) nelle feci umane ed animali
- ❧ Essere in rapporti numerici costanti rispetto ai patogeni (meglio in eccesso)
- ❧ Non essere patogeni
- ❧ Avere resistenza ambientale (anche ai biocidi) simile a quella dei patogeni
- ❧ Non essere capaci di replicarsi nell'acqua
- ❧ Essere rilevati con metodi semplici, rapidi e poco costosi
- ❧ Non essere presenti in acque non contaminate

# Microrganismi indicatori di contaminazione fecale e derivazione

Ω ***Escherichia coli***

Ω ▶ **Feci umane ed animali**

Ω **Coliformi fecali**

Ω ▶ **Feci umane ed animali -  
Effluenti industriali - Suolo -  
Ambienti ad elevato carico  
organico**

Ω **Coliformi totali**

Ω ▶ **Suolo - Acque contaminate  
e pulite**

Ω **Enterococchi**

Ω **Feci umane ed animali**

Ω **Clostridi solfito riduttori**

Ω **Derivazione fecale e  
ambientale**



# Microrganismi utilizzati come indicatori di diverse condizioni delle acque

## ⌚ Microrganismi

⌚ ***E.coli***

⌚ **Coliformi fecali**

⌚ **Coliformi totali**

⌚ **Enterococchi**

## ⌚ Indicatori di.....

⌚ **Contaminazione fecale umana e animale.**

⌚ **Contaminazione fecale umana e animale. Validi sostituti di *E.coli*. Efficienza di sistemi di trattamento delle acque**

⌚ **Contaminazione fecale (?). Efficienza dei sistemi di trattamento delle acque e di integrità delle reti  
Presenza di nutrienti e ricrescita nelle reti**

⌚ **Contaminazione fecale umana e animale. Contaminazione di acque sotterranee, di dilavamento e superficiali. Indicatori di virus enterici?**

# Microrganismi utilizzati come indicatori di diverse condizioni delle acque

## ⌚ **Microrganismi**

⌚ ***Clostridium perfringens***

⌚ **Enterovirus**

⌚ **Batteriofagi**

⌚ **Pseudomonas,  
Aeromonas,  
Stafilococchi, lieviti,  
funghi**

## ⌚ **Indicatori di.....**

⌚ **Contaminazione fecale umana e animale.  
Contaminazione da virus enterici e protozoi**

⌚ **Contaminazione da virus enterici**

⌚ **Contaminazione da virus enterici umani.  
Contaminazione da liquami. Contaminazione  
fecale.**

⌚ **Contaminazione fecale umana e animale, ma  
anche contaminazione umana di altra origine  
(pelle, mucose, ecc), ma anche indice di  
colonizzazioni degli ambienti idrici.**

# Gli indicatori classici di contaminazione fecale delle acque: gruppi e specie

∞ **Coliformi totali**

∞ ▶ *E.coli, Klebsiella, Enterobacter, Citrobacter, Serratia fonticola, Rahnella aquatilis, Buttiauxella agrestis, Yersinia*

∞ **Coliformi fecali**

∞ ▶ *E.coli, Klebsiella, Enterobacter, Citrobacter*

∞ **Streptococchi fecali**

∞ ▶ *E.faecalis, faecium, ecc*

∞ **Clostridi solfito riduttori**

∞ ▶ *Clostridium perfringens*

# Coliformi

- ⌚ **Gruppo di microrganismi:**
- ⌚ **Gram negativi**
- ⌚ **aerobi-anaerobi facoltativi**
- ⌚ **capaci di fermentare il lattosio con produzione di acidi e gas**
  
- ⌚ **Coliformi totali    35-37 °C**
- ⌚ **Coliformi fecali    44-45 °C**

# Indicatori microbiologici e alcuni problemi

- ⌚ I CF costituiscono un gruppo, che include *E.coli* (% maggiore)
- ⌚ Ma .....**Enterobacter** può non essere di derivazione fecale
- ⌚ Ma ..alcune specie appartenenti a **Citrobacter, Enterobacter** non fermentano il lattosio
- ⌚ Ma ...molte specie, tra cui **Buttiauxiella agrestis, Serratia fonticola, S.odorifera, Rhanella aquatilis**, fermentano il lattosio ma non sono di origine fecale



# *Escherichia coli*

- ⌚ **Presente nelle feci umane ed animali in quantità di  $10^9/g$**
- ⌚ **Fermenta a 44°C lattosio o mannitolo con produzione di acido e gas**
- ⌚ **Produce indolo da triptofano a 44°C**
- ⌚ **Produce B-glucuronidase**

# Definizioni

## STREPTOCOCCHI FECALI

- ⌚ Gruppo eterogeneo di microrganismi
- ⌚ cocchi Gram +
- ⌚ tendenti a disporsi a catene
- ⌚ aerobi-anaerobi facoltativi
- ⌚ catalasi negativi
- appartenenti al gruppo sierologico di Lancefield

## ENTEROCOCCHI

- ⌚ Streptococchi fecali capaci di crescere a 45°C
- ⌚ a pH 9,6
- ⌚ di moltiplicarsi in presenza di NaCl al 6,5%, di bile al 40% e di blu di metilene allo 0,1%

# Enterococchi

- Ω **Cocchi Gram positivi, ossidasi e catalasi positivi**
- Ω **Capaci di crescere a 45°C, a pH 9,6**
- Ω **Capaci di crescere in presenza di NaCl al 6,5%, di bile al 40% e di blu di metilene allo 0,1%**
- Ω **Capaci di crescere in presenza di azide a concentrazioni inibenti *E.coli***
- Ω **Presenti nelle feci umane ed animali, sono più resistenti dei coliformi e di *E.coli* negli ambienti idrici e alla disidratazione**
- Ω **Quando risulta assente *E.coli* e sono presenti coliformi totali, la loro presenza indica contaminazione fecale**



# BATTERIOFAGI - Fagi di *Escherichia coli*

- ⌚ I batteriofagi sono virus batterici ed i fagi di *Escherichia coli* sono virus ospiti di specie di *Escherichia coli* (colifagi)
- ⌚ I colifagi sono rappresentati da due gruppi:
  - ▶ **Fagi somatici (DNA):** ospiti di *E.coli*, che hanno i recettori sulla parete cellulare. Sono presenti nelle feci umane ed animali in quantità anche elevate (10-10<sup>8</sup>/g)
  - ▶ **Fagi F-specifici (DNA ed RNA):** si adsorbono a pili sessuali codificati dal plasmide F dell'*E.coli* K12. In numeri bassi nelle feci.
- ⌚ I fagi di *Escherichia coli* sono considerati validi indicatori di contaminazione da liquami, meno validi come indicatori di contaminazione fecale

# Fagi di *Bacteroides fragilis*

- ⌚ **Esclusivamente di origine fecale umana**
- ⌚ **Non si replicano nell'ambiente**
- ⌚ **5-10% degli individui li elimina con le feci**
- ⌚ **0-10<sup>5</sup> MPN/100 mL (liquami)**
- ⌚ **0-10<sup>2</sup> MPN/100 mL (acque superficiali)**

# *Clostridium perfringens*

## Alcune caratteristiche

*Clostridium perfringens* è un opportunisto patogeno:

- ∞ del gruppo dei solfito riduttori
- ∞ anaerobio
- ∞ sporigeno
- ∞ Gram positivo
- ∞ esclusivamente di origine fecale.
- ∞ Le spore mostrano sopravvivenza in ambienti idrici e in presenza di cloro maggiore dei coliformi, di *E.coli* e degli enterococchi

La sua presenza nell'ambiente non è considerata un rischio diretto per la salute perché è rilevato in basse quantità, non cresce nell'acqua e nei sedimenti e non vi produce tossine



# *Clostridium perfringens* Indicatore

❏ Ci sono state sempre controversie sull'uso del *Cl.perfringens* come indicatore della qualità delle acque, fin da quando.....

❏ nel 1899 Klein e Houston ne suggerirono l'impiego come possibile indicatore di contaminazione fecale. **Perché....**

❏ ***Cl.perfringens* produce spore resistenti a 75°C per 15' che persistono a lungo nell'ambiente e che sopravvivono anche all'effetto di biocidi.**

❏ Non in tutti i paesi ne è diffuso l'uso come indicatore, sicuramente non negli Stati Uniti, ma in Europa è raccomandato per alcuni test di qualità delle acque, specialmente in determinate situazioni.

# *Clostridium perfringens* Indicatore.....

- ⌚ di contaminazione fecale pregressa o intermittente,
- ⌚ tracciante di indicatori meno resistenti
- ⌚ della rimozione di protozoi patogeni e virus enterici per l'efficacia dei trattamenti dei liquami e delle acque potabili
- ⌚ in acque contenenti rifiuti tossici letali per i microrganismi non sporigeni,
- ⌚ per fanghi di impianti di depurazione
- ⌚ per tutte quelle situazioni nelle quali non si verificano dilavamenti dei suoli e risospensione di sedimenti profondi e, quindi....**indicatore per i sedimenti**



# ***Clostridium perfringens***

## **Indicatore**

---

Ω Un altro dei problemi che porta al disaccordo sull'utilizzo di questo indicatore della qualità delle acque è che l'applicazione di metodi di rilevamento evidenzia un gruppo di eterogeneo di batteri, anaerobi solfito riducenti e sporigeni.

Ω E' importante utilizzare una metodologia analitica che stimi accuratamente, con precisione e specificità il numero delle spore e delle cellule vegetative da acque di provenienza ambientale per risolvere questi problemi

# Terreni di coltura per *Cl.perfringens*

- Ω **m-CP agar**  
**membrane-Clostridium Perfringens medium**
- Ω **SPS agar**  
**Sulphite polymyxin sulphadiazine agar**
- Ω **TSC medium**
- Ω **Tryptose Sulphite Cycloserine agar**

# Terreni di coltura SPS e TSC

## Componenti:

- ⌚ **Tryptone ed estratto di lievito= Nutrienti**
- ⌚ **Solfato di polimixina o sulfadiazina, ecc=Inibitori di flora concorrente**
- ⌚ **Sodio solfito ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) e citrato ferrico= Stimolatori crescita e indicatori della presenza di Clostridi solfito riduttori**
- ⌚ ***Clostridium perfringens* riduce il solfito a solfuro ( $\text{S}^-$ ), che, in presenza di ferro, forma solfuro di ferro, visibile sotto forma di precipitato nero**



# Metodo ISO

## Terreno m-CP

- **Triptosio, estratto di lievito= Nutrienti**
- **Saccarosio= zucchero fermentato da *Cl.perfringens***
- **Porpora di bromocresolo=**colorante viola indicatore di pH. Mette in evidenza l'acidificazione del terreno: quando si verifica la fermentazione del saccarosio le colonie diventano **gialle opache**
- **L-cisteina idrocloruro= agente riducente**
- **Solfato di magnesio e cloruro ferrico=stimolano la crescita di *Cl.***
- **Cicloserina, polimixina=**Inibitori di Gram negativi e di Stafilococchi
- **Indoxil B-D-glucoside =** cromogeno che rimane giallo perché non scisso da *Cl. perfringens* (B glucosidasi negativo). Le specie che, invece, idrolizzano il glicoside diventano blu per la produzione di blu indigo cloruro di ferro: anaerobiosi, 44+/-1°C per 21+/-3h
- **Fenofaleina difosfato=**Il *Cl perfringens* con la fosfatasi acida scinde il fosfato dalla molecola e *Cl* da **giallo-diventa rosa scuro** una volta esposto a vapori di ammoniaca. Le colonie senza fosfatasi acida rimangono gialle dopo esposizione ai vapori di ammoniaca. Alcuni clostridi non perfringens producono colonie gialle per la fermentazione del saccarosio e questo test può differenziarli perché non possiedono la fosfatasi

# m-CP medium

(DL31 Bisson e Cabelli1979)

FILTRARE IL CAMPIONE DI ACQUA E INCUBARE  
ANAEROBICAMENTE A 45°C PER 24 ORE

**Colonie blu-verdi**

**NO**

**Saccarosio +  
Glucosidasi +**

**Colonie gialle:**

**SI**

**Saccarosio+  
Glucosidasi -**

**Colonie rosse**

**NO**

**Saccarosio -  
Glucosidasi+ o-**

ESPOSIZIONE A VAPORI DI AMMONIACA

**Colonie gialle**

**NO**

**Fosfatasi acida -**

**Colonie rosa-rosse**

**SI**

**Fosfatasi acida +**

**Colonie porpora**

**NO**

**Fosfatasi acida -**

# Conta Batterica Totale = Eterotrofi

- ⌚ **Batteri eterotrofi Gram positivi e Gram negativi, che si sviluppano a 22 ed a 37°C e che annoverano opportunisti patogeni**
- ⌚ ***I principali generi sono: Pseudomonas, Aeromonas, Klebsiella, Aerobacter, Citrobacter, Flavobacterium, Enterobacter, Escherichia coli, Alcaligenes, Moraxella, Bacillus, Micrococcus, Actinomyces, Sarcina, Agrobacterium, Acinetobacter***
- ⌚ **Utili per monitorare sistemi di distribuzione di acque potabili in continuo: aumenti anomali ed improvvisi di eterotrofi o numeri costantemente elevati indicano presenza di contaminazioni accidentali, non corretta disinfezione delle acque e colonizzazioni delle reti idriche**

# GLI ETEROTROFI

Sono microrganismi che ricavano energia e carbonio da sostanze organiche e danno una indicazione generale dello stato di un ambiente.

Per rilevarli possono essere usati .....

∞ **Terreni ricchi di nutrienti**

∞ **Terreni poveri di nutrienti**

Si registrano **conte più elevate in terreni più poveri** che facilitano la crescita di oligotrofi, più numerosi nell'ambiente idrico naturale.

E' importante la variabile *tempo di crescita* che, se protratto, può dar luogo ad enumerazioni più elevate di microrganismi oligotrofi.....

# GLI ETEROTROFI

Per il rilevamento di eterotrofi ci si può porre il problema della scelta di un metodo di analisi.

- ⌚ Se si tratta di **acque naturali o sedimenti** da studiare in funzione della conoscenza della flora tipica occorre utilizzare terreni poveri in nutrienti, con temperature di incubazione quanto più vicine possibili a quelle naturali, con tempi di incubazione più protratti possibile e metodi in grado di favorire lo sviluppo microbico (es. spatolamento su piastra).
- ⌚ Se si tratta di **acque potabili** occorre utilizzare terreni ricchi in nutrienti (PCA, YEA, ecc), tempi di incubazione più brevi possibili, metodi come quello dell'inclusione in agar, che permette di analizzare quantità di 1-2 mL di campione. **Ma se per le acque potabili occorre verificare fenomeni di ricrescita, allora.....**

# I microrganismi colonizzatori e le ricrescite in ambienti idrici.....

- ⌚ Incrostazioni di ferro, fanghiglie, occlusioni e produzione di acque sporche (**Ferro batteri**)
- ⌚ Incrostazioni di ferro, corrosione, produzione di acque sporche (**Solfato riducenti**)
- ⌚ Formazione di pellicole mucillaginose, fanghiglie colorate (grigie, gialle, beige, rosse, violette, ecc) e anche annerite (**Produttori di fanghiglie ed Eterotrofi**)
- ⌚ Odori e sapori sgradevoli (**Alghe, Attinomiceti, Solfato riducenti, Eterotrofi**)

# Le ricrescite microbiche in ambienti idrici e le conseguenze.....

## POSSIBILI PROBLEMI DI ORDINE IGIENICO-SANITARIO:

- ⌚ **Presenza di opportunisti e patogeni**
- ⌚ *Pseudomonas sp., Moraxella, Acinetobacter, Flavobacterium, Alcaligenes, Helicobacter pylori Legionella pneumophila, Campylobacter jejuni, Aeromonas hydrophila, Mycobacterium kansasii, ecc*
- ⌚ **Presenza di indicatori di fecalizzazione injured**
- ⌚ **Coliformi**
- ⌚ **Presenza di microrganismi *injured***



# Gli indicatori dei fenomeni di ricrescita batterica

- ∞ **Microrganismi filamentosi**
- ∞ **Eterotrofi**
- ∞ **Coliformi non termotolleranti**
- ∞ **Klebsiella**
- ∞ **Pseudomonas spp.**



# Indicatori dei fenomeni di ricrescita: approcci culturali inusuali....

**BART TM = Biological Activity Reaction Tests**

**Test concepiti con l'obiettivo di determinare**

⌚ **presenza di consorzi microbici**

⌚ **composizione**

⌚ **aggressività (= capacità e velocità di sviluppo)**

**in condizioni naturali e nel caso di ricrescite microbiche**

⌚ **Non sono test che possono essere utilizzati per analisi che devono verificare la conformità a normative.**

# Altri indicatori di contaminazione fecale

- ∞ *Bacteroides spp.*
- ∞ Fagi di *Bacteroides fragilis*
- ∞ *Rodococcus coprophilus*
- ∞ *Fusobacterium*
- ∞ *Bifidobacterium spp.*
  
- ∞ *Si tratta di batteri anaerobi*



# *Bifidobacterium adolescentis*

(LINCH ET AL.J.Appl.Microbiol.2003;92(3):526-33)

- ⌚ I **bifidobatteri (anaerobi)** sono considerati ideali indicatori di fecalizzazione perché....
- ⌚ ...sono in numeri 10-100 volte più elevati nelle feci dei coliformi,
- ⌚ non si moltiplicano nell'ambiente,
- ⌚ ***B.adolescentis*** è solo nelle feci umane.
- ⌚ I problemi per l'isolamento e la differenziazione delle specie sembrano risolti con il terreno BFM e l'ibridizzazione con un probe specifico



# Myxobatteri: indicatori microbici della qualità di acque superficiali

- Ω **GLIDING BACTERIA:** Bacilli aerobici, Gram negativi, produttori di “slime”
- Ω **Aderiscono fortemente a substrati solidi e, quindi sono considerati.....**
- Ω ....indicatori di contaminazione di **acque superficiali**, di acque di sorgente e di pozzo (*inadeguatezza degli effetti della filtrazione naturale*)
- Ω **Se rilevati nelle acque potabili indicano la presenza di batteri presenti nel suolo**



# Batteri sporigeni indicatori di contaminazione in acque superficiali

- o Spore di *Bacillus sp.* (suolo)
- o Spore di *Clostridium perfringens* (intestinale)
- o Indicatori di contaminazione non puntiforme
- o Indicatori di contaminazione puntiforme

# UN PROBLEMA IN CAMPO IDRICO

## ⌚ *Microrganismi jniured*

- ⌚ Una percentuale di microrganismi enterici riesce a sopravvivere in ambienti idrici ostili ed anche ai trattamenti di disinfezione.
- ⌚ Si tratta di una popolazione microbica danneggiata (*injured*) che non è, generalmente, isolabile sui terreni di coltura idonei.
- ⌚ I batteri *injured* possono incontrare condizioni idonee di sviluppo nelle pellicole biologiche così comuni nelle reti idriche e riacquistare le loro normali capacità di crescita
- ⌚ Quando sono *injured* i microrganismi indicatori, essi non sono validi indicatori di contaminazione