

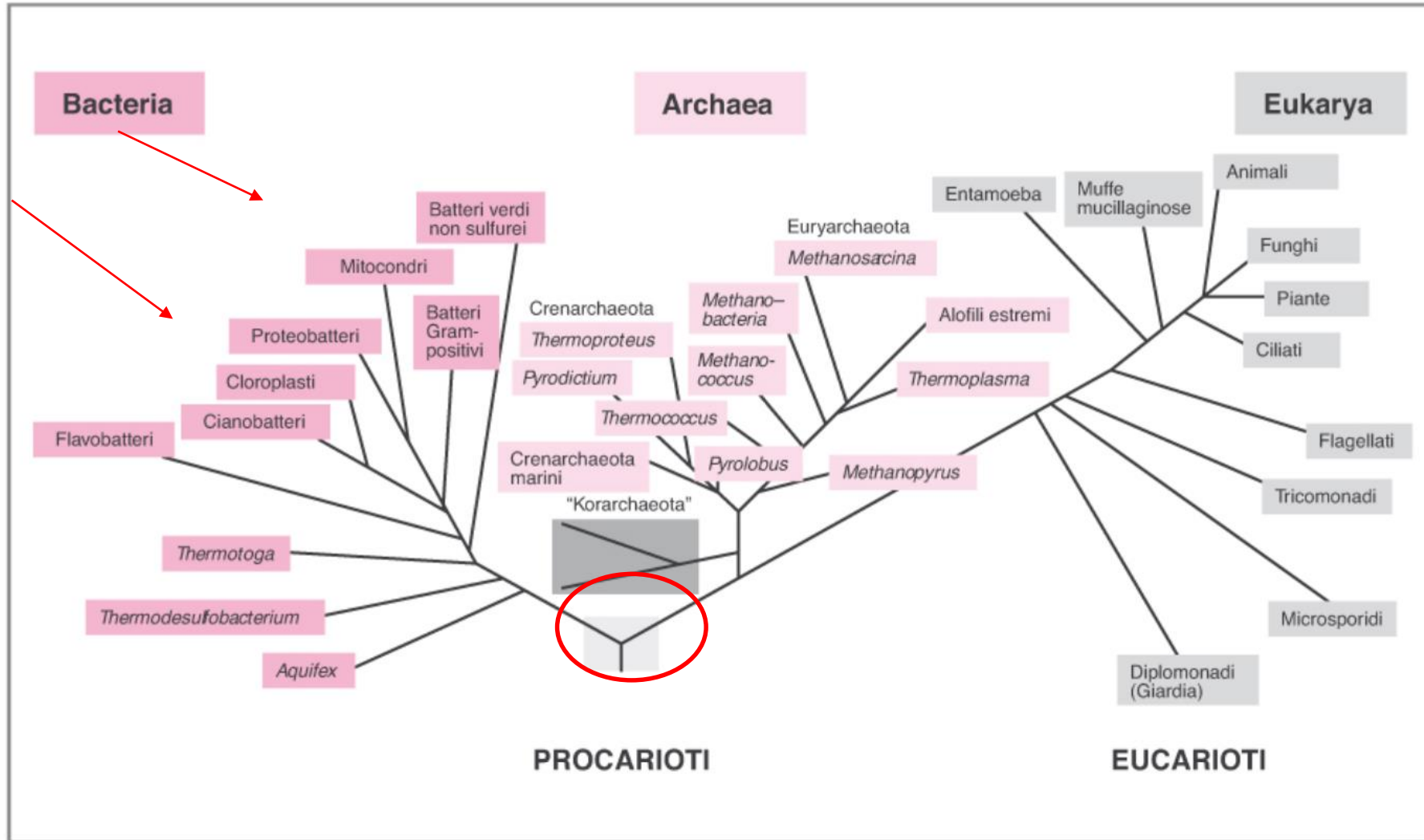
# Meccanismi dell'evoluzione microbica e teorie sull'origine dei virus

---

DOTT. ROSA ANNA NASTRO – STANZA 425° - 4°PIANO, LATO NORD

EMAIL: ROSA.NASTRO@UNIPARTHENOPE.IT

Questo è uno dei possibili scenari della comparsa dei tre domini della vita

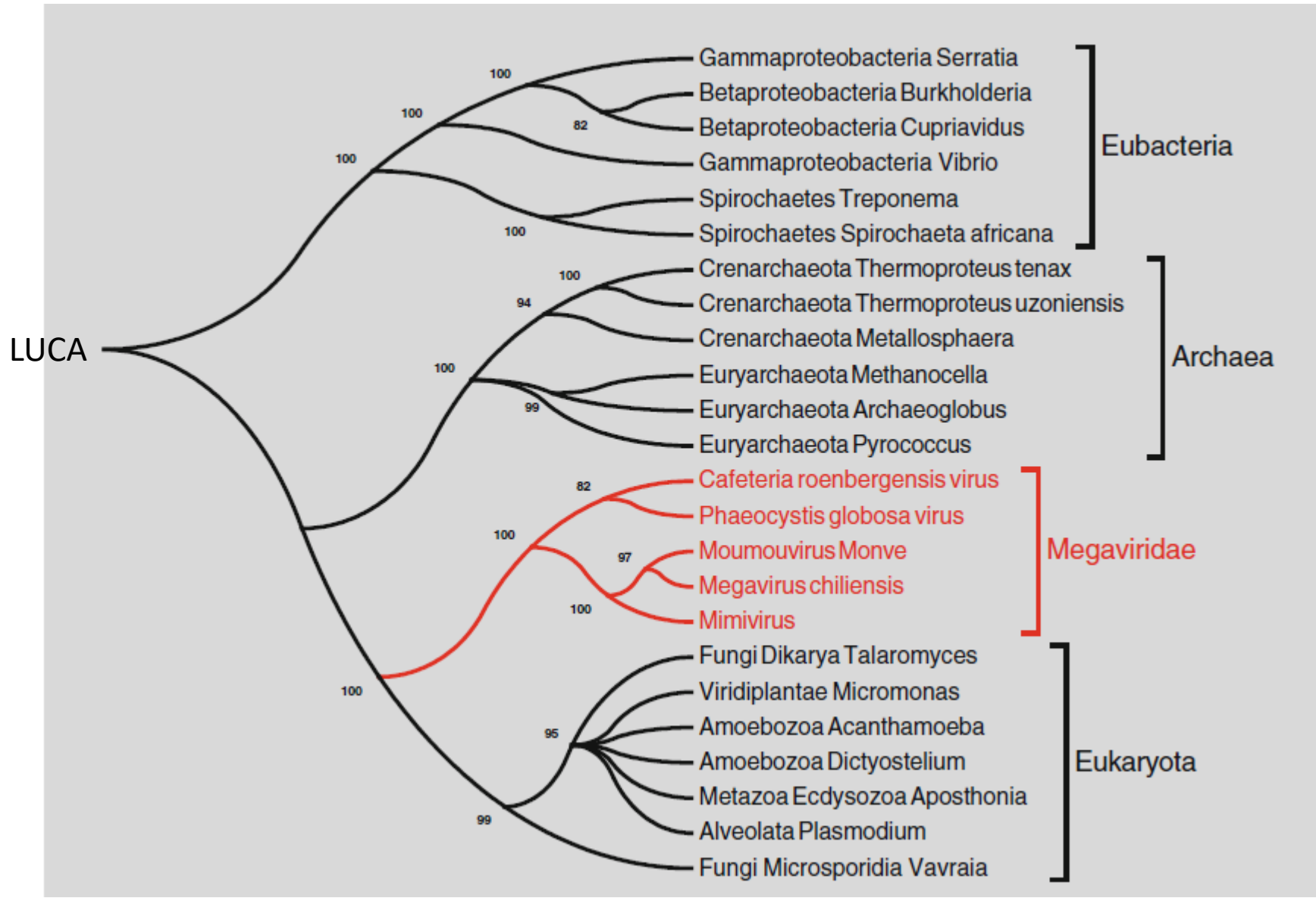


*“The very essence of the virus is its fundamental entanglement with the genetic and metabolic machinery of the host.”*

Joshua Lederberg (American Nobel laureate, 1993)

Viruses are ubiquitous. They infect almost every species and are probably the most abundant biological entities on the planet, yet they are excluded from the Tree of Life (ToL).

Genomic and metagenomic data have revealed that co-evolution between viral and cellular genomes involves frequent horizontal gene transfer and the occasional co-option of novel functions over evolutionary time.



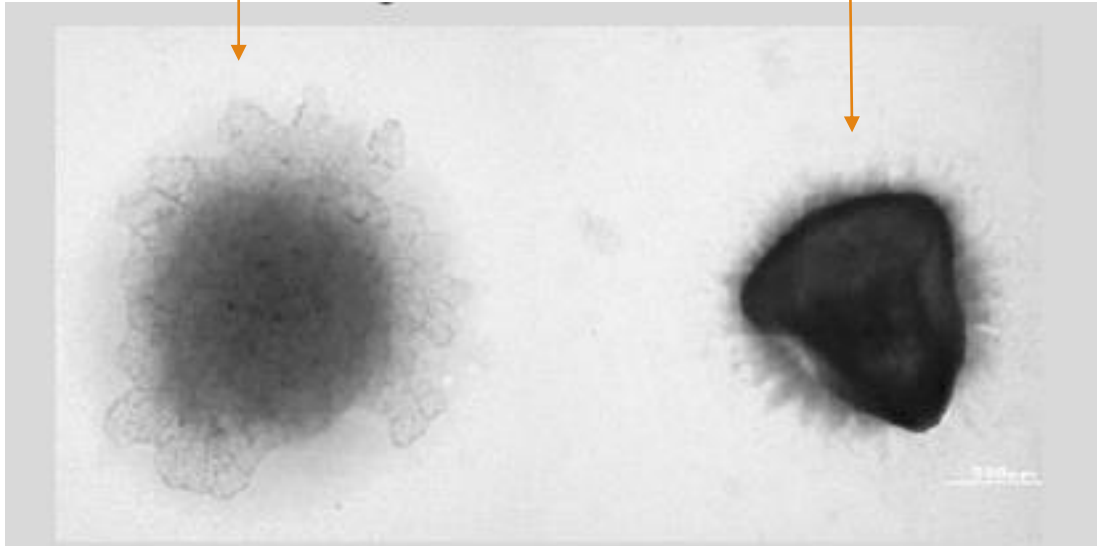
## VIRUS GIGANTI: UN 4 ° DOMINIO EMERGENTE DELLA VITA?

Nella figura della precedente diapositiva è mostrato un albero filogenetico costruito dall'allineamento di sequenze aminoacidiche di DNA polimerasi. I virus giganti si raggruppano visibilmente in un clade separato, intermedio tra gli Archaea e gli Eucarioti.

L'interpretazione di questo clade come un autentico nuovo dominio nell'albero della vita o come un primo ramo divergente del dominio degli Eucarioti è questione ancora non chiarita. Questo albero suggerisce tuttavia che gli antenati dei virus giganti di oggi potrebbero essere stati coinvolti nell'emergenza degli Eucarioti.

micoplasma

megaviride



**Box Fig. 5.1** A virus particle as big as a bacterium. A *Mimivirus* particle (*right*) is shown side by side with a mycoplasma cell (*left*) (transmission electron microscopy, negative staining of a *Mimivirus* – ureaplasma co-culture) (From La Scola et al. 2003)

Questi virus giganti (denominati "Megaviridae") infettano amebe del genere *Acanthamoeba*. Il loro genoma è un DNA a doppia elica che contiene sino a 1,3 milioni coppie di basi e potrebbe codificare per più di 1.000 geni. Sorprendentemente, codificano molti componenti centrali dell'apparato di codifica delle proteine (fino a sette diversi aminoacil tRNA sintetasi). La funzione di questi enzimi è quella di caricare il giusto amminoacido sul tRNA, utilizzando così il codice genetico universale. La presenza di un tale apparato di traduzione residuo, un segno distintivo degli organismi cellulari suggerisce fortemente che questi virus si siano evoluti da un antenato cellulare, molto probabilmente antecedente all'emergere (o almeno alla radiazione evolutiva) degli Eucarioti.

Tale scenario è coerente con l'analisi filogenetica molecolare delle sequenze di amminoacidi della DNA polimerasi. Questi virus giganti sembrano definire un nuovo quarto dominio nell'albero della vita o almeno un che si è discostato molto presto dal ramo che ha portato ai moderni Eucarioti.

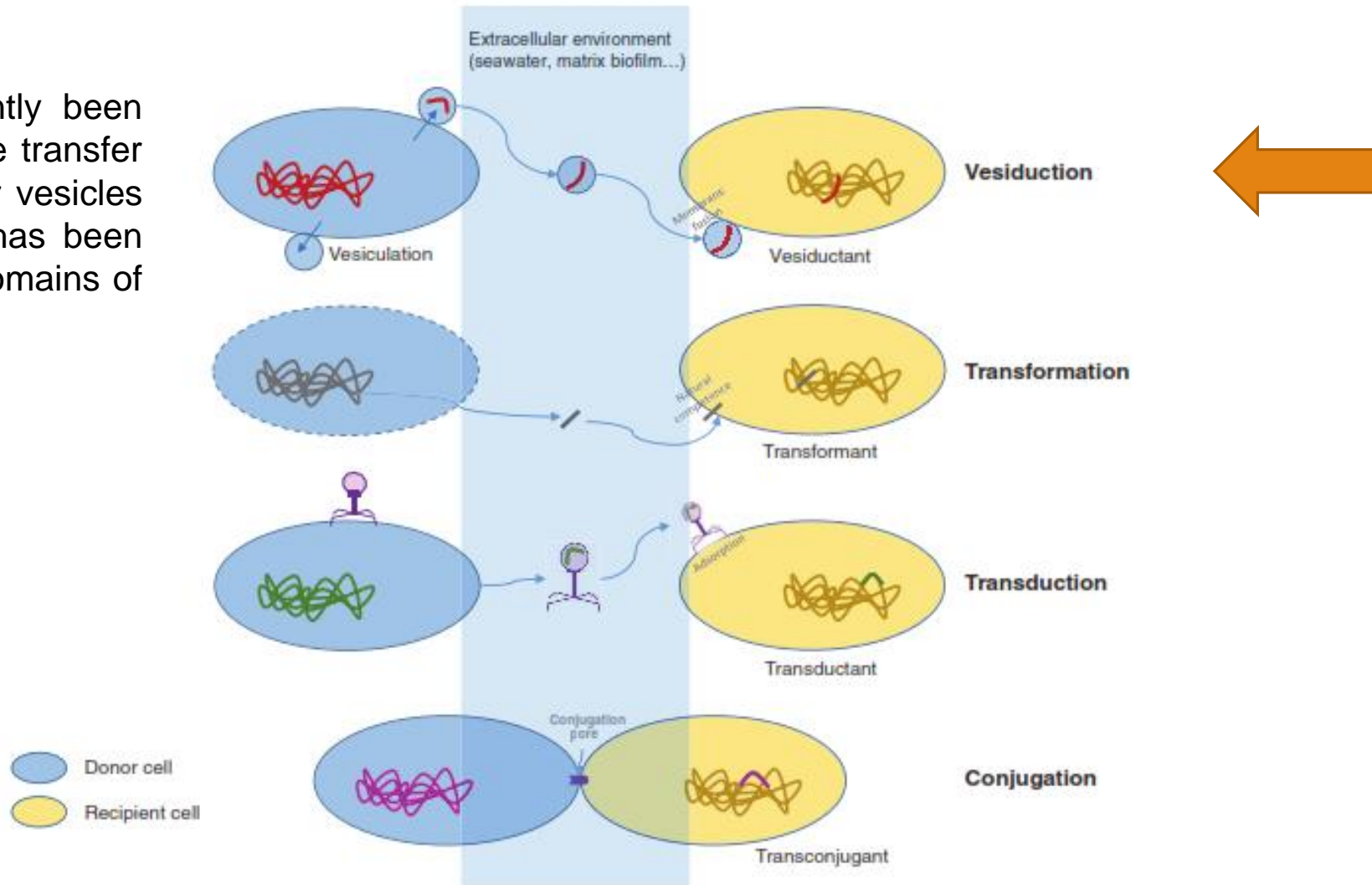
L'emergenza dei virus a DNA è antecedente a quella degli Eucarioti? Questi due fenomeni sono legati? È assurdo immaginare che i virus possano essere emersi prima dei loro ospiti? Oppure questi virus sono gli ultimi rappresentanti di un quarto dominio cellulare ora estinto nella sua forma autonoma e che è riuscito a sopravvivere solo come parassita all'interno del dominio eucariotico?

In, «The Selfish Gene», Richard Dawkins refers to organisms as “survival machines” and stresses the importance of a gene’s eye view of evolution. Dawkins saw each gene as trying to maximize its own success in terms of the number of copies existing in the world.

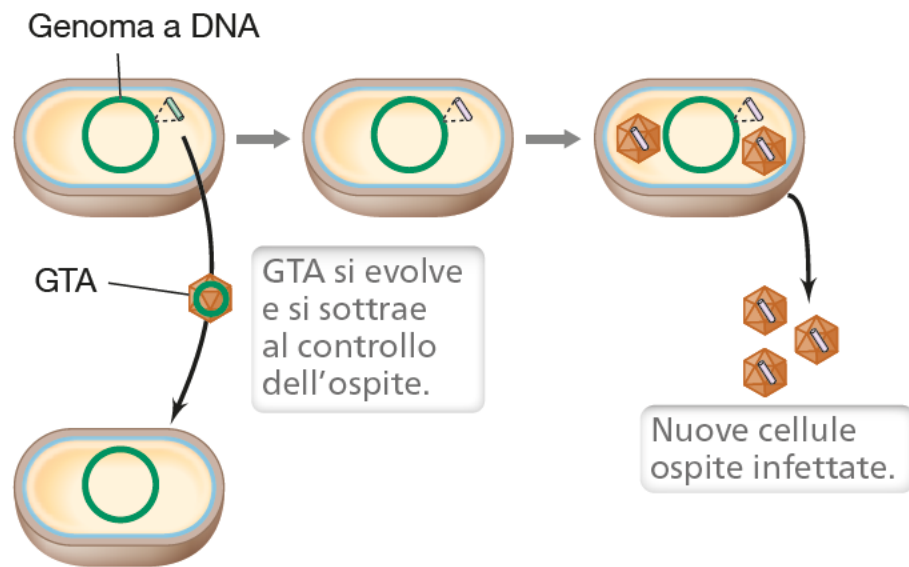
A genome can be thought of as a team of genes with the same goal and each gene contributes to the phenotypic expression of the genome (via proteins in the case of coding genes). Success or failure of the phenotype is therefore determined by selection acting on each gene in the context of its environment (including other genes) (Dawkins, 1976). Genes that can transfer themselves horizontally as well as vertically (via cell division) can be viewed as breaking away from this collaborative enterprise, although the causes behind the origin and evolution of HGT are no doubt manifold, some of which, perhaps, have yet to be discovered. (HGT – Horizontal Gene Transfer)



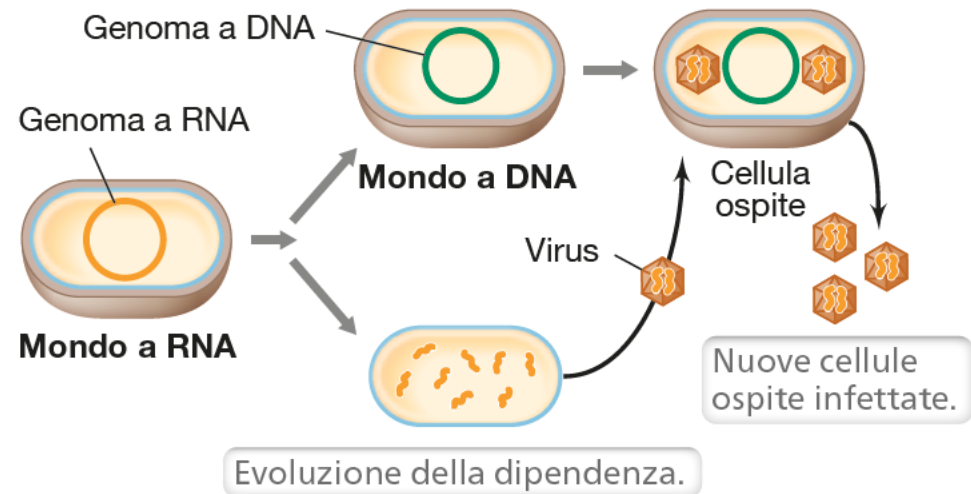
Vesiduction, has recently been proposed to explain the transfer of DNA by extracellular vesicles (EVs)—an event that has been observed in all three domains of life



**Fig. 1.** Micro-organisms can evolve through four major mechanisms of HGT: natural transformation, conjugation, transduction and vesiduction. [Color figure can be viewed at [wileyonlinelibrary.com](http://wileyonlinelibrary.com)]



(a) Origine tardiva dei virus da DNA egoista



(b) Origine precoce dei virus dal mondo a RNA

### Figura 13.12 Ricostruzioni ipotetiche delle origini virali.

(a) Gli agenti di trasferimento genico (GTA) sono elementi genetici mobili che favoriscono il trasferimento genico orizzontale impacchettando il DNA dell'ospite ed esportandolo in un capsido. Mutazioni casuali nel DNA codificante i GTA potrebbero avere permesso a questi ultimi di sottrarsi al controllo dell'ospite, favorendo così la replicazione e la trasmissione di agenti infettivi

evolutisi in virus. (b) Prima dell'evoluzione delle cellule moderne, nel mondo a RNA (Figura 13.4), le forme di vita basate sull'RNA potrebbero essere state estremamente interdipendenti. Dopo la comparsa del DNA, questi organismi a RNA potrebbero avere sviluppato un'ulteriore dipendenza, al punto che la loro replicazione poteva avvenire soltanto in cellule a DNA, e questo avrebbe determinato l'evoluzione dei virus.

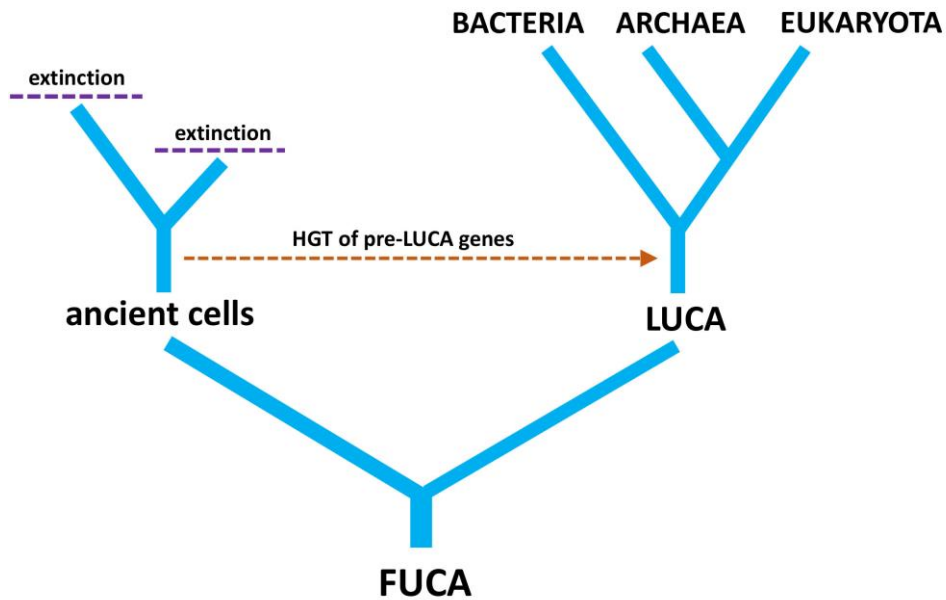


FIGURE 4 | A simple tree diagram showing the relationship between LUCA (last universal common ancestor) and FUCA (first universal cellular ancestor). The hypothetical transfer of pre-LUCA genes from ancient cells into post-LUCA genomes is also depicted, along with extinction events of cellular lineages that have no modern descendants.

Evolution of viruses seems to have been seeded by a small core set of essential proteins involved in genome replication that appear to be traceable to the pre-cellular stage of evolution

Ipotesi sull'origine dei virus a partire da agenti di trasferimento genico «scappati al controllo cellulare». Dagli stessi agenti di trasferimento genico si sarebbero originati plasmidi e trasposoni.

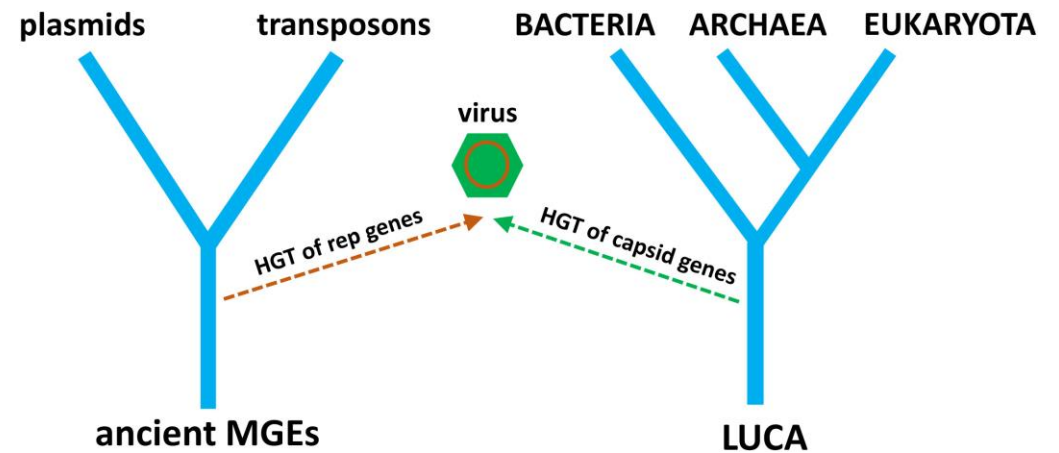


FIGURE 6 | A simple tree diagram showing the chimeric origin of viruses from pre-LUCA replication genes and post-LUCA structural genes. Ancient MGE ancestors 'replace ancient cells (from Figure 4), reflecting the origin of virus replication genes from MGEs. The evolution of modern plasmids and transposons from ancient MGEs is also depicted.

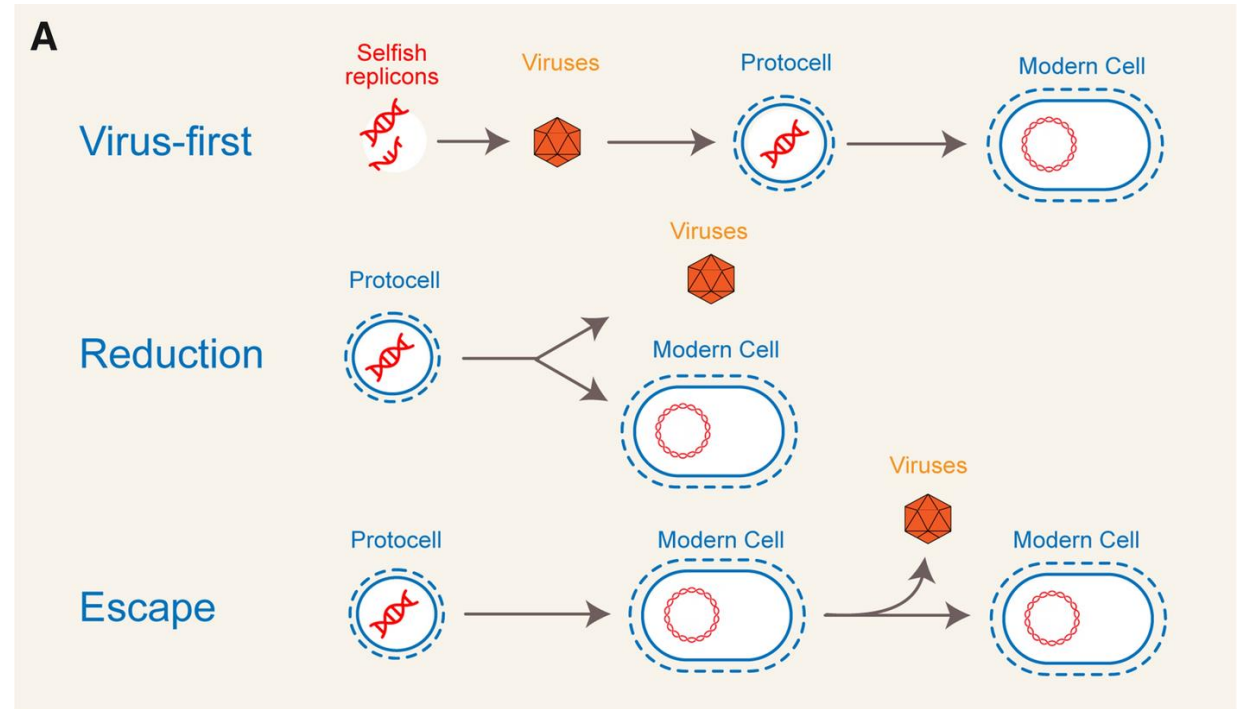
Sequences that can be horizontally transferred are generally referred to as mobile genetic elements (MGEs).  
MGE=GTA-Agenti di trasferimento genico

# Where Did Viruses Come From?

There is much debate among virologists about this question. Three main hypotheses have been articulated: 1. The progressive, or escape, hypothesis states that viruses arose from genetic elements that gained the ability to move between cells; 2. the regressive, or reduction, hypothesis asserts that viruses are remnants of cellular organisms; and 3. the virus-first hypothesis states that viruses predate or coevolved with their current cellular hosts.

Models of viral evolution. (A) Classic frameworks of viral evolution associate virus origins to the origin of the virion or its components. The *virus-first* hypothesis postulates ancient origins of viruses that preceded cellular life. The *reduction* hypothesis suggests that the origin of cells preceded that of viruses, with DNA viruses evolving via reduction in their genomes. The *escape* hypothesis deems viruses as selfish genetic elements that escaped control of cellular machinery and ‘pickpocketed’ genes via HGT.

Mughal, F., Nasir, A. & Caetano-Anollés, G. The origin and evolution of viruses inferred from fold family structure. *Arch Virol* **165**, 2177–2191 (2020). <https://doi.org/10.1007/s00705-020-04724-1>



## Summing up...

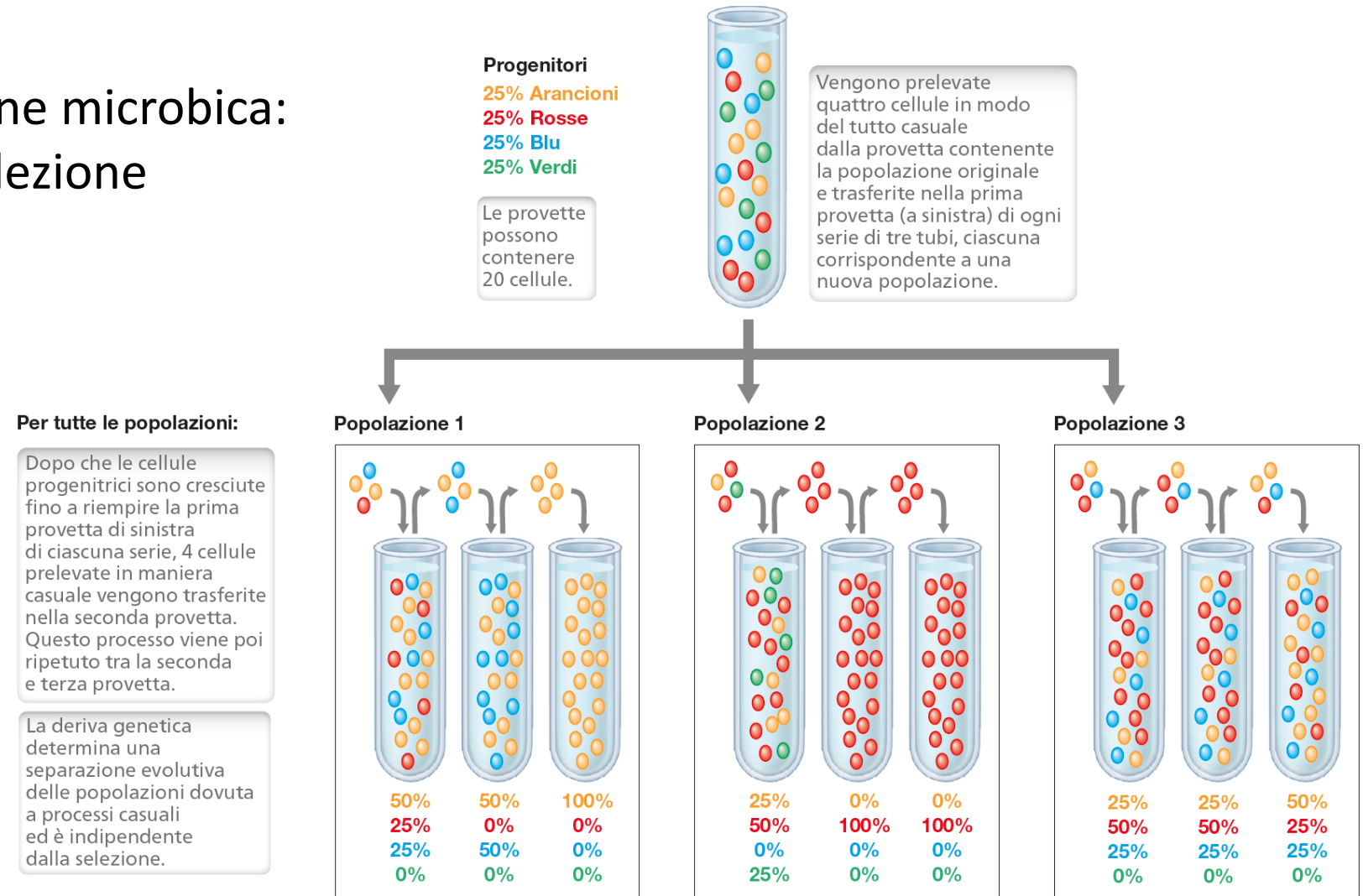
---

Contemplating the origins of life fascinates both scientists and the general public. Understanding the evolutionary history of viruses may shed some light on this interesting topic. To date, no clear explanation for the origin(s) of viruses exists. Viruses may have arisen from mobile genetic elements that gained the ability to move between cells. They may be descendants of previously free-living organisms that adapted a parasitic replication strategy. Perhaps viruses existed before, and led to the evolution of, cellular life. Continuing studies may provide us with clearer answers. Or future studies may reveal that the answer is even murkier than it now appears.

---

# I meccanismi alla base dell'evoluzione microbica: selezione e deriva genica

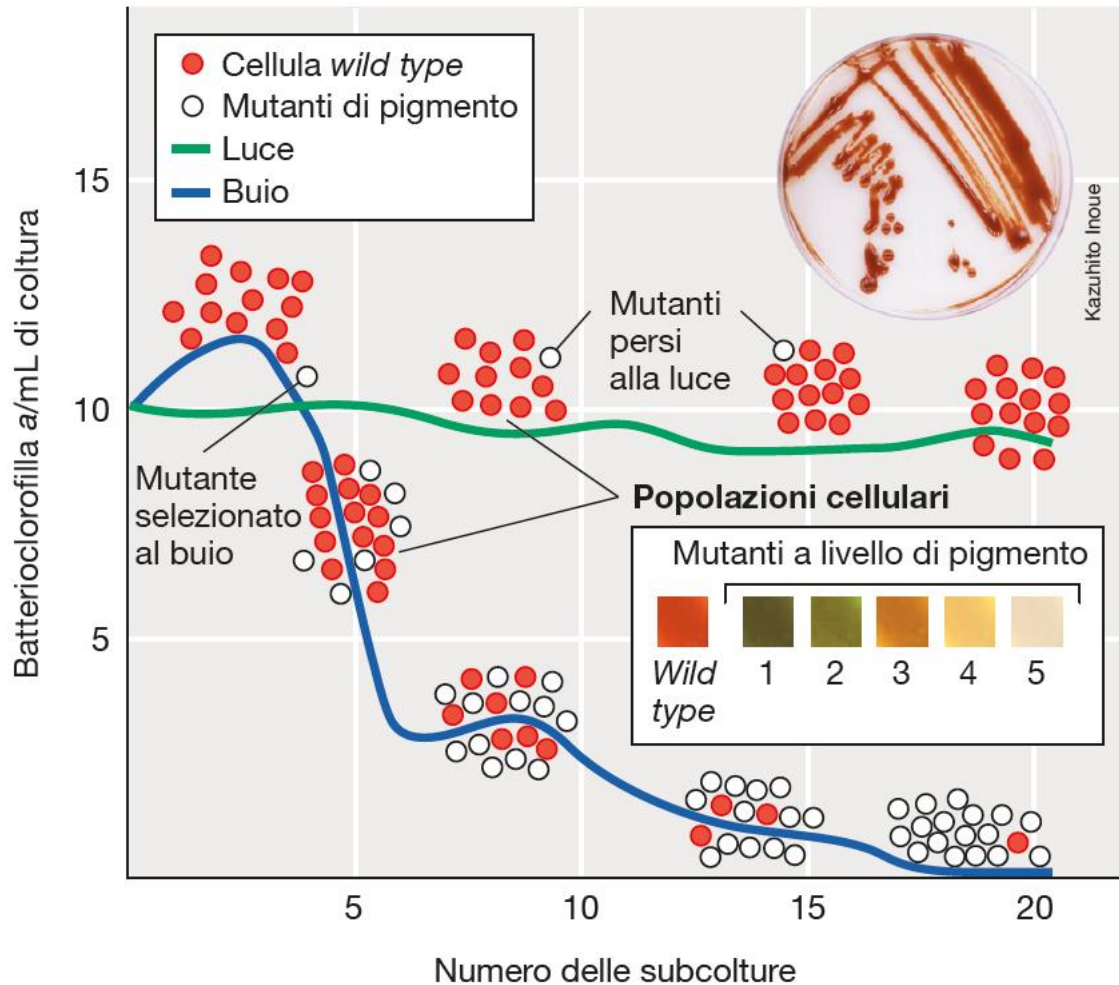
# Meccanismi dell'evoluzione microbica: La deriva genetica e la selezione evolutiva



**Figura 13.13 Deriva genetica.** La deriva genetica è un processo casuale che può determinare una variazione nella frequenza genetica di una popolazione, pertanto promuove l'evoluzione senza l'intervento della selezione naturale. Nell'esempio qui illustrato, ogni provetta contiene una popolazione costituita da quattro diversi genotipi batterici (indicati con colori diversi), tutti ricorrenti con uguale frequenza. Quattro cellule vengono poi trasferite

ciascuna di tre nuove provette e lasciate crescere. Non essendoci differenza adattativa tra le cellule, queste possono crescere a pari velocità. Successivamente, altre cellule vengono prelevate casualmente e trasferite in nuove provette per due ulteriori cicli di crescita. Differenze significative nelle frequenze dei diversi genotipi all'interno delle differenti popolazioni sono evidenti dopo solo tre cicli di trasferimento.

# Meccanismi dell'evoluzione microbica: adattamento e selezione naturale



Perdita di funzioni

**Figura 13.14 Sopravvivenza del più adatto e selezione naturale in una popolazione di batteri purpurei (rossi) fototrofi.** La subcoltura seriale del batterio rosso *Rhodobacter capsulatus* alla luce (linea verde) conferisce un vantaggio ai ceppi fototrofi selvatici, che prendono il sopravvento sui mutanti non fototrofi. Invece, al buio (linea blu), la fototrofia non offre alcun vantaggio e i mutanti non fototrofi superano rapidamente le cellule *wild type* che producono batterioclorofilla e carotenoidi. La foto in alto mostra una piastra di coltura con colonie di cellule fototrofe di *R. capsulatus*; nel riquadro in basso sono evidenziati ingrandimenti di colonie *wild type* e di cinque mutanti (1-5) ottenute con una serie di subcolture al buio. Le cellule *wild type* sono di colore marrone-rossiccio per la presenza dei carotenoidi. I colori dei mutanti riflettono l'assenza, o la sintesi ridotta, di uno o più carotenoidi. Il ceppo mutante 5 manca anche della batterioclorofilla e non è più in grado di crescere fototroficamente. I ceppi mutanti da 1 a 4 possono crescere fototroficamente, ma con velocità di crescita inferiori al *wild type*. Dati adattati da: Madigan, M.T. *et al.* 1982. *J. Bacteriol.* 150:1422-1429.



---

# Evoluzione sperimentale

# 50,000 generations of bacteria prove that evolution never stops



George Dvorsky  
11/18/13 4:40PM



61



11

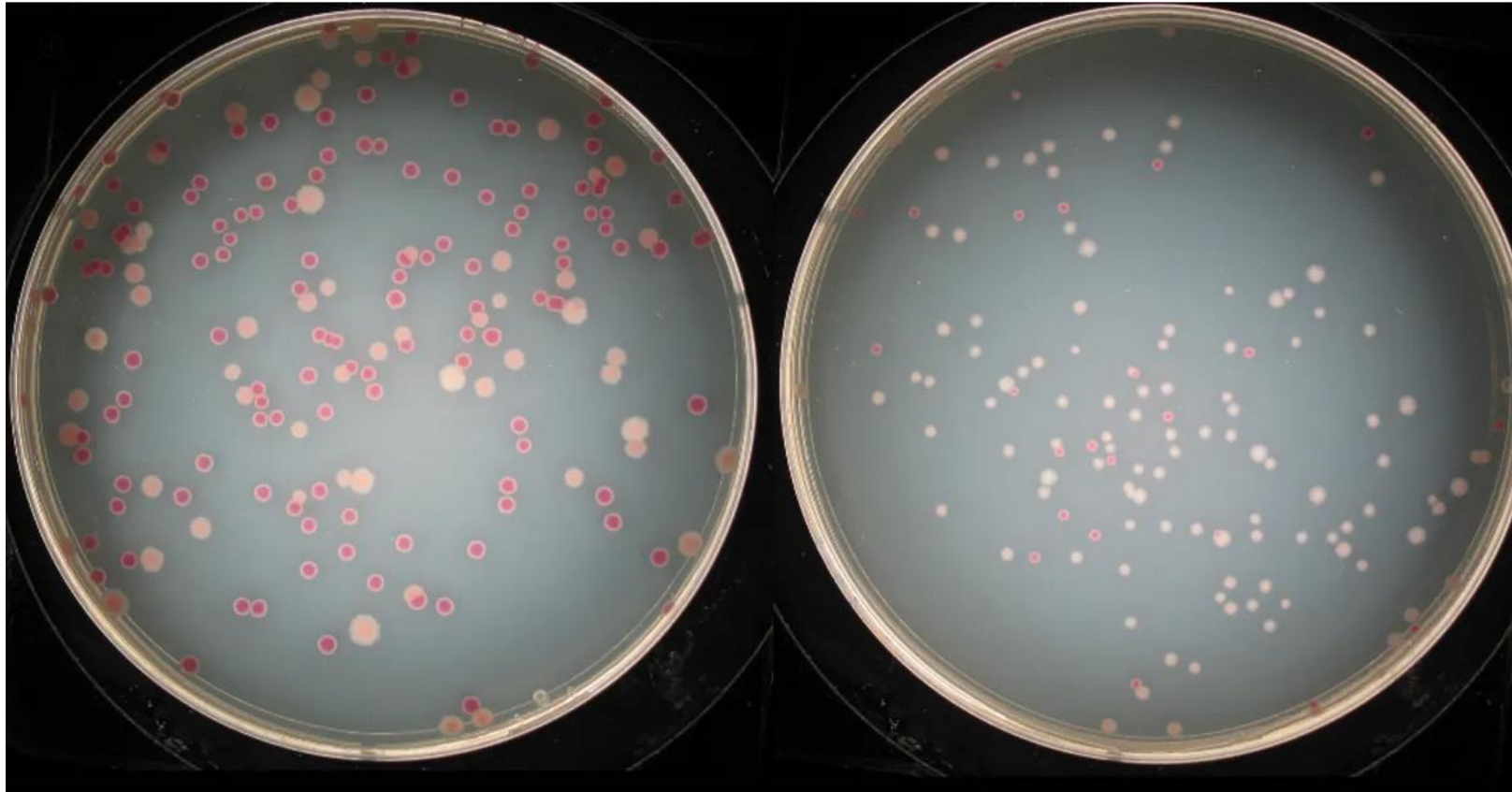


In a remarkable experiment that's been going on for nearly a quarter century, biologists have shown that lab-grown bacteria — even in a stable, unchanging world — will continue to evolve in a way that makes it increasingly good at reproducing.

Evolutionary theory would suggest that, even in the absence of any kind of selectional pressures, genes will slowly drift and degrade over time; there's very little to reinforce the integrity of genetic traits outside of basic biological functions, like replication.

The researchers, who performed a comparative analyses of the bacteria after every 500 generations, showed that *E. coli* will continue to evolve towards increasing replicative efficiency. In other words, it got faster and faster at reproducing. And remarkably, the bacteria showed very little signs of slowing down.

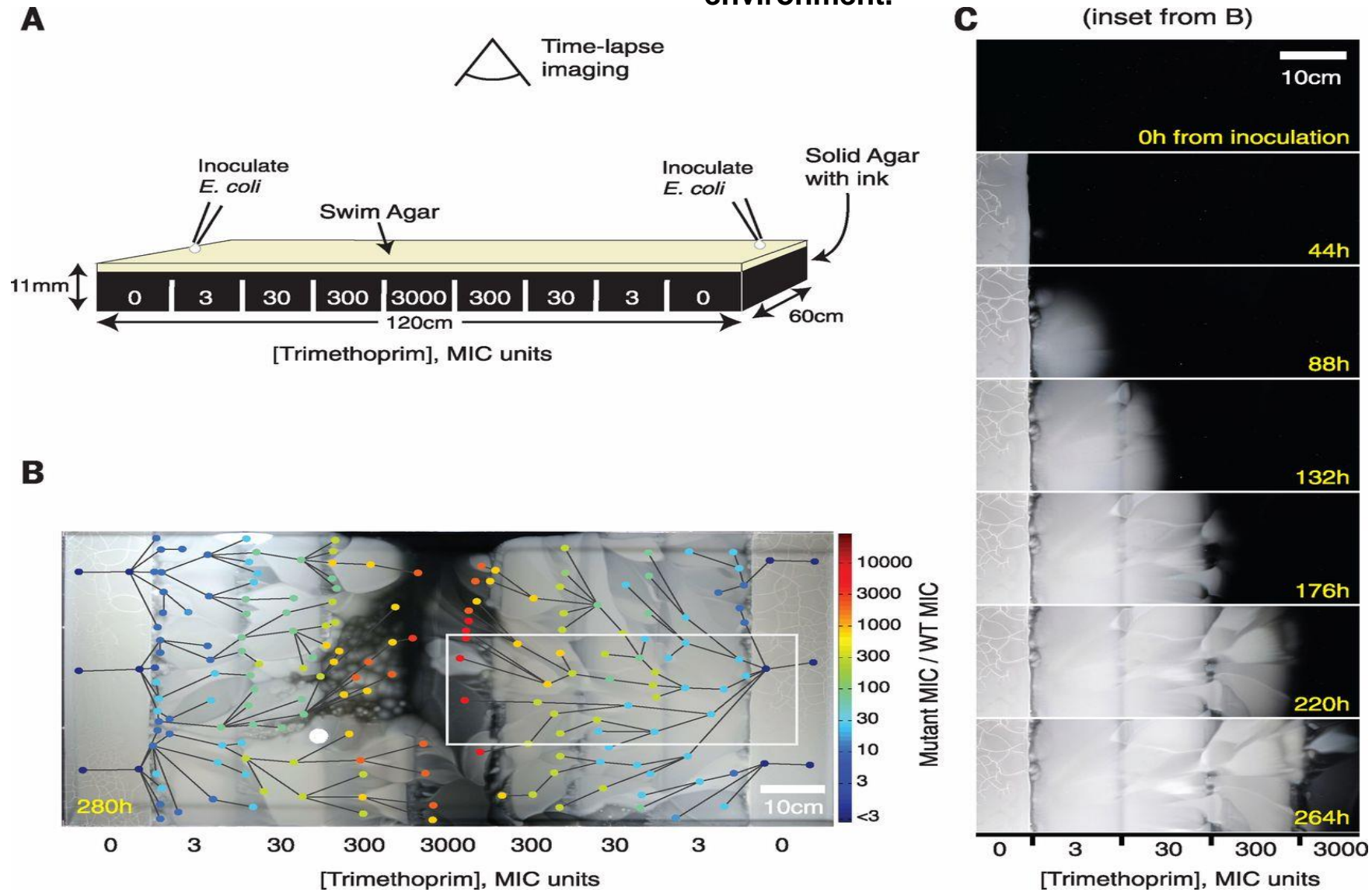
The original strain of *E. coli* took about an hour to double its population. But the new strain can do it in around 40 minutes. Lenski's team calculates that future generations will reproduce even faster, predicting that in about a million years their doubling time could be on the order of about 20 minutes



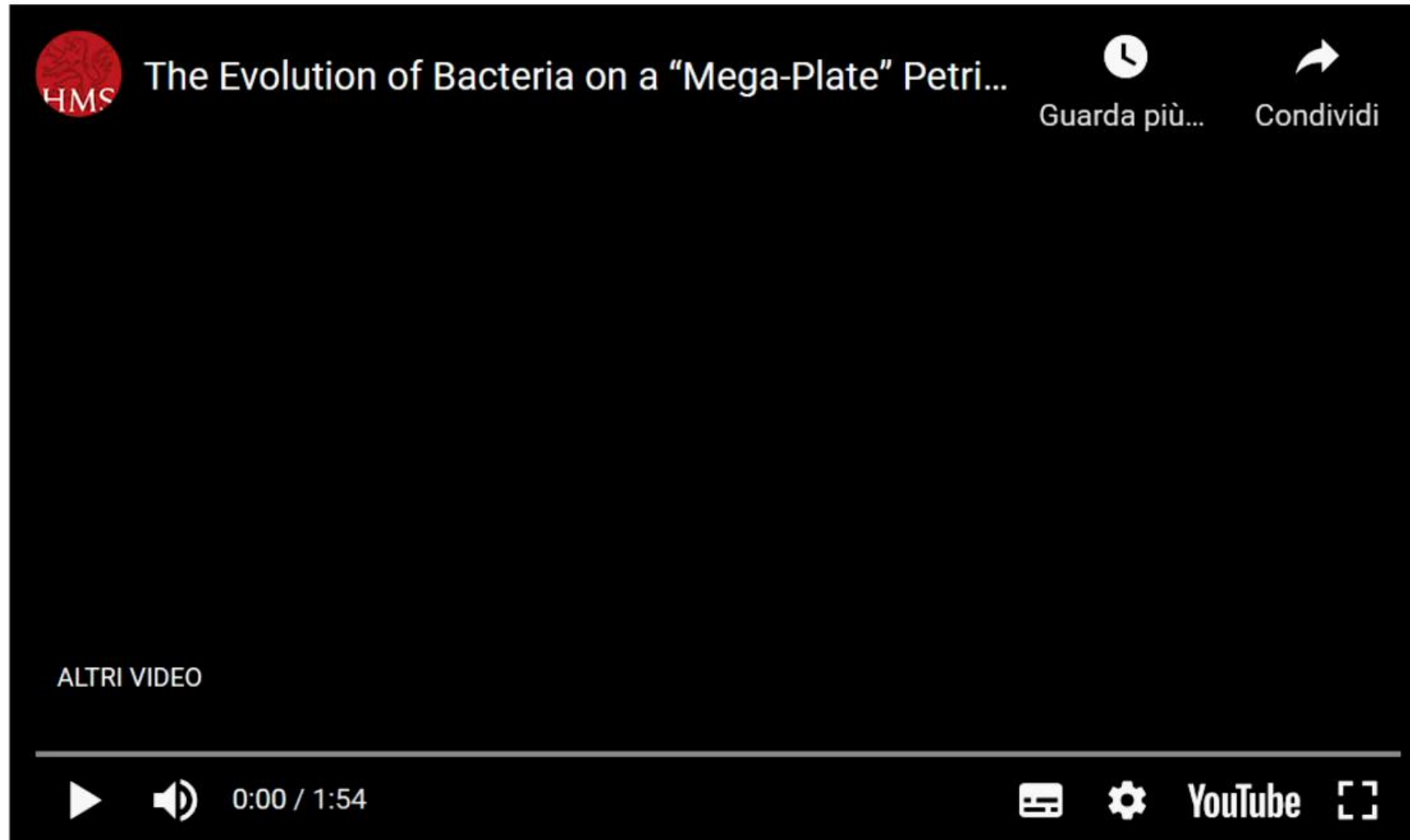
On left is a petri dish with equal numbers of colonies of two different bacteria. But over time, after competition and evolution, the lighter ones (at right) have taken the lead

<https://io9.gizmodo.com/50-000-generations-of-bacteria-prove-that-evolution-nev-1466803805>

**Fig. 1 An experimental device for studying microbial evolution in a spatially structured environment.**



a 1,000x concentration of antibiotics.



<https://www.sciencealert.com/watch-this-amazing-video-shows-evolution-happening-in-just-days>