

Εισαγωγή

Πριν από 150 χρόνια περίπου, ο Δαρβίνος ανακάλυψε ότι δεν υπάρχει κανένας οργανισμός χωρίς πρόγονο. Βεβαίως, αυτή η αναγωγή σε κάποιον πρόγονο είναι αδύνατον να αναφέρεται σε άπειρο χρόνο, λαμβανομένου υπ' όψιν ότι η ίδια η Γη έχει ηλικία περί τις 4700 εκατομμύρια χρόνια. Τα παλαιοντολογικά ευρήματα, τα οποία είναι απολύτως συμβατά με τις απόψεις του Δαρβίνου, μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι αυτός ο υποθετικός κοινός οικουμενικός πρόγονος όλων των ζωντανών οργανισμών που υπάρχουν ή υπήρξαν ποτέ πάνω στη Γη εμφανίστηκε περί τις 3200 έως 3700 εκατομμύρια χρόνια πριν από σήμερα, ή περί το ένα δισεκατομμύριο χρόνια μετά τη διαμόρφωση του πλανήτη μας. Αναπόφευκτα, λοιπόν, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η ζωή στη Γη έχει αβιογενή προέλευση, δηλαδή δημιουργήθηκε από συστατικά που υπήρχαν στον πλανήτη, όταν πια η θερμοκρασία του μειώθηκε τόσο ώστε να επιτρέπει την ύπαρξη ζωής. Με πιο απλά λόγια, θα πρέπει να δεχθούμε ότι στην περίπτωση του κοινού οικουμενικού προγόνου έλαβε χώρα το φαινόμενο της *αυτόματης γένεσης*, διαδικασίας την οποία η επιστήμη απέρριψε ήδη από τον 19ο αιώνα, ύστερα από διαμάχες που κράτησαν γύρω στα 200 χρόνια, όπως θα δούμε παρακάτω. Είναι όμως έτσι;

Η λέξη *γένεση*, όπως τη χρησιμοποιούμε σήμερα, παραπέμπει σε ένα γεγονός που έλαβε χώρα σε δεδομένη χρονική στιγμή. Ωστόσο, τέτοιου είδους γένεση, όσον αφορά τη ζωή, δεν συνέβη ποτέ και ήταν αδύνατον να συμβεί. Η έννοια της ζωής, όπως εξελίχθηκε στη Γη, είναι συνυφασμένη με το κύτταρο. Όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί αποτελούνται από ένα (π.χ. μικρόβια, μύκητες, πρωτόζωα) ή περισσότε-

ρα (π.χ. όλα τα φυτά και τα ζώα) κύτταρα. Εξωκντάρια ζωή, σήμερα τουλάχιστον, δεν υπάρχει. Επομένως, για να χρησιμοποιήσουμε τη λέξη *γένεση* για τη ζωή, θα πρέπει να δεχθούμε ότι σε κάποια χρονική στιγμή πριν από 4 δισεκατομμύρια χρόνια περίπου δημιουργήθηκε μια μεμβράνη αποτελούμενη τουλάχιστον από φωσφολιπίδια και ορισμένες πρωτεΐνες, η οποία εγκλώβισε σε μικρό όγκο τις χιλιάδες ανόργανα και οργανικά μόρια και μακρομόρια που χρειάζεται ένα κύτταρο προκειμένου να επιβιώσει και να αναπαραχθεί. Βέβαια, κάτι τέτοιο προϋποθέτει: α) ότι είχαν δημιουργηθεί αβιοτικά αυτές οι χιλιάδες οργανικές ενώσεις και μακρομόρια, πριν συγκροτηθεί το κύτταρο, και β) ότι στο περιβάλλον όπου συγκροτήθηκε το πρώτο κύτταρο υπήρχαν οπωσδήποτε αυτά τα συγκεκριμένα μόρια. Από στατιστική άποψη, όμως, είναι ουσιαστικά αδύνατο να έχει συμβεί είτε το ένα είτε το άλλο, πολύ δε περισσότερο να ίσχυαν και οι δύο παραπάνω προϋποθέσεις ταυτοχρόνως. Αφού λοιπόν η ζωή, με την κυτταρική μορφή και δομή της, όπως τη γνωρίζουμε σήμερα, δεν είναι δυνατόν να γεννήθηκε, πρέπει να δεχθούμε ότι έλαβε χώρα μία από τις δύο ακόλουθες διαδικασίες. Πρώτον ότι κάποτε υπήρξε ζωή έξω από τα κύτταρα, ή δεύτερον ότι η ζωή εμφανίστηκε σταδιακά, με τη βαθμιαία εμφάνιση δομών που διέθεταν σε εμβρυϊκή έστω μορφή τις ιδιότητες που χαρακτηρίζουν τη ζωντανή ύλη.

Πριν επιχειρήσουμε να δώσουμε απαντήσεις στα παραπάνω ερωτήματα, θα πρέπει αφ' ενός να ορίσουμε τη ζωή και αφ' ετέρου να εντοπίσουμε τις φυσικές εκείνες ιδιότητες που χαρακτηρίζουν τη ζωντανή ύλη.

Τι είναι ζωή;

Δεν αποκλείεται να έχουν δοθεί περισσότεροι ορισμοί για το φαινόμενο της ζωής από τον συνολικό αριθμό των φιλοσόφων, θετικών επιστημόνων, θεολόγων, νομικών, πολιτικών κ.λπ., που ασχολήθηκαν με το συγκεκριμένο ζήτημα. Έχουν εκδοθεί βιβλία με αυτό τον τίτλο, αλλά και γραφτεί κεφάλαια με τον ίδιο τίτλο σε πολύ περισσότερα βιβλία. Πιστεύω πως δεν θα είχε νόημα να παραθέσω όλους τους ορισμούς που κατόρθωσα να βρω. Δύο ορισμοί, όμως, περιγράφουν πιο πιστά την πραγματικότητα, όπως τουλάχιστον τη βλέπω εγώ. Ο ένας δόθηκε από τον μεγάλο Γερμανό φυσικοχημικό Manfred Eigen (1992), ο οποίος όρισε τη ζωή ως μια *δυναμική κατάσταση*

ση της ύλης, που είναι οργανωμένη με πληροφορία. Ο άλλος δόθηκε από επιστήμονες του τμήματος εξωβιολογίας της NASA, σύμφωνα με τους οποίους *ζωή είναι ένα αυτοσυντηρούμενο χημικό σύστημα ικανό να υφίσταται διαρβίνεια εξέλιξη*. Από τον πρώτο ορισμό λείπει η αναφορά στην εξέλιξη και από τον δεύτερο η αναφορά στην πληροφορία. Και τα δύο αποτελούν, κατά τη γνώμη μου, θεμελιώδη χαρακτηριστικά των ζωντανών συστημάτων.

Όπως ξέρουμε, η πληροφορία είναι «εγγεγραμμένη» στα γονίδια όλων των ζωντανών οργανισμών, δηλαδή σε περιοχές του μορίου του DNA που υπάρχει σε όλα σχεδόν τα ζωντανά κύτταρα. Η πληροφορία, εφόσον εκφραστεί και μεταφραστεί κατάλληλα, είναι υπεύθυνη για όλες τις δομές και λειτουργίες του κυττάρου, και γενικά του ζωντανού οργανισμού. Στο φαινοτυπικό επίπεδο, η πληροφορία είναι υπεύθυνη όχι μόνο για τη μορφή του οργανισμού, αλλά και για την πιστή αναπαραγωγή του.

Η διαρβίνεια εξέλιξη, από την άλλη πλευρά, η οποία οφείλεται σε «σφάλματα» που εμφανίζονται στην έκφραση της πληροφορίας υπό την επίδραση τυχαίων ή περιβαλλοντικών παραγόντων, είναι υπεύθυνη για την ποικιλοότητα που παρατηρείται στους ζωντανούς οργανισμούς. Η εξέλιξη εισάγει και το περιβάλλον στο παιχνίδι της ζωής, δεδομένου ότι η φυσική επιλογή –ο θεμέλιος λίθος του μηχανισμού της εξέλιξης, όπως τον περιέγραψαν ο Κάρολος Δαρβίνος και ο Alfred Russell Wallace, στα μέσα του 19ου αιώνα– οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην αλληλεπίδραση των ζωντανών οργανισμών με το περιβάλλον τους.

Οι ιδιότητες που χαρακτηρίζουν τη ζωντανή ύλη

Κατά τον Opargin (1924), κάθε ζωντανός οργανισμός χαρακτηρίζεται από τις ακόλουθες ιδιότητες: (1) από συγκεκριμένη δομή ή μορφολογική οργάνωση, (2) από τη δυνατότητα να μεταβολίζει τις τροφές που προσλαμβάνει από το περιβάλλον του, τόσο για να αντλεί ενέργεια όσο και για να συνθέτει τα μόρια που του χρειάζονται για τη δική του ανάπτυξη και επιβίωση, (3) από τη δυνατότητα να αναπαράγεται και, τέλος, (4) από τη δυνατότητα να αποκρίνεται σε ερεθίσματα. Όπως γνωρίζουμε από την καθημερινή εμπειρία, βέβαια, μπορούμε να βρούμε ορισμένες από τις ιδιότητες αυτές και σε μη ζωντανούς οργανισμούς. Στα παραδείγματα που αναφέρει ο ίδιος ο

Orapin ανήκει η δομή των κρυστάλλων, οι οποίοι μάλιστα μπορούν να αναπαραχθούν. Αν π.χ. προσθέσουμε ελάχιστο αριθμό κρυστάλλων σε υπερκορεσμένο διάλυμα της ίδιας καθαρής ένωσης από την οποία αποτελούνται οι κρύσταλλοι, το δοχείο θα γεμίσει με τους ίδιους ακριβώς κρυστάλλους. Ως παράδειγμα μεταβολισμού από ανόργανη ουσία, ο Orapin αναφέρει τη διάσπαση του υπεροξειδίου του υδρογόνου σε νερό και μοριακό οξυγόνο στην επιφάνεια σπογγώδους πλατίνας και, τέλος, ως περίπτωση απόκρισης σε ερέθισμα, αναφέρει την έκρηξη της δυναμίτιδας από μια σπιθα. Κατά τον Orapin, η ζωή δεν χαρακτηρίζεται από κάποιες συγκεκριμένες τέτοιες ιδιότητες, αλλά από τον συνδυασμό των ιδιοτήτων αυτών.

Προϋποθέσεις για την ανάπτυξη ζωής

Οι Benner *et al.* (2004) κατέγραψαν τις απαραίτητες προϋποθέσεις για την ανάπτυξη ζωής, όχι μόνο στη Γη, αλλά παντού στο σύμπαν. Οι δύο σημαντικότερες φαίνεται πως είναι η έλλειψη *θερμοδυναμικής ισορροπίας* και η *κατάλληλη θερμοκρασία*.

Από τη θερμοδυναμική γνωρίζουμε ότι ένα σύστημα σε ισορροπία είναι ένα νεκρό σύστημα, διότι ούτε προσλαμβάνει αλλά ούτε και παράγει ενέργεια. Είναι φανερό ότι η ζωή, ή –για να είμαστε ακριβείς– ένας ζωντανός οργανισμός, πάντοτε κάτι κάνει· δηλαδή, είτε κινείται είτε αναπαράγεται είτε μεταβολίζει τροφές κ.ο.κ. Τελικά, όλη η ζωή εξελίσσεται με βάση τον δαρβίνειο μηχανισμό. Πρόκειται για ένα σύστημα που απέχει πολύ από τη θερμοδυναμική ισορροπία. Και μόνο το γεγονός ότι ο πλανήτης μας βρίσκεται σε μικρή απόσταση από τις θερμοπυρηνικές διαδικασίες που συντελούνται στον Ήλιο σημαίνει ότι είναι αδύνατον να βρίσκεται σε ισορροπία. Ωστόσο, ακόμη κι αν δεν υπήρχε ο Ήλιος, και μόνο η διάσπαση των ραδιενεργών ισοτόπων στη Γη θα την κρατούσαν μακριά από την κατάσταση ισορροπίας. Από την έλλειψη θερμοδυναμικής ισορροπίας, λοιπόν, αντλεί η ζωή την ενέργεια που χρειάζεται για να υπάρχει, τουλάχιστον στη Γη.

Η δεύτερη προϋπόθεση για την εμφάνιση και ανάπτυξη της ζωής είναι η ύπαρξη κατάλληλης θερμοκρασίας για τη δημιουργία και τη σταθερότητα των απαραίτητων χημικών δεσμών. Έτσι, στις θερμοκρασίες που επικρατούν στον πλανήτη μας είναι σταθεροί τόσο οι ομοιοπολικοί δεσμοί, μεταξύ ατόμων άνθρακα κυρίως, αλλά όχι μό-

νο, όσο και οι δεσμοί υδρογόνου, που αναπτύσσονται όταν παρεμβάλλεται υδρογόνο μεταξύ δύο ηλεκτραρνητικών ατόμων. Εύκολα αντιλαμβανόμαστε ότι αν δεν υπήρχαν οι ομοιοπολικοί δεσμοί δεν θα υπήρχαν όλες αυτές οι οργανικές ενώσεις με τις οποίες είναι συνυφασμένη η ζωή. Όσον αφορά τους δεσμούς υδρογόνου, το νερό, ο διαλύτης μέσα στον οποίο αναπτύσσεται και υπάρχει η ζωή στη Γη, δεν θα είχε τις ιδιότητες που έχει και το πιθανότερο είναι ότι δεν θα ήταν ο κατάλληλος διαλύτης για τη στήριξη του φαινομένου της ζωής. Επιπλέον, χωρίς τους δεσμούς υδρογόνου θα έχανε τη σταθερότητά του το DNA, το μόριο που μεταφέρει την πληροφορία από γενεά σε γενεά και μέσω του οποίου λειτουργεί η διαβίωση εξέλιξη.