

Algas eucariotas

Ir a PPT

Las algas son organismos acuáticos, fotoautótrofos oxigénicos (que desprenden oxígeno), y poco complejos morfológicamente (protófitos y talófitos).

En realidad, si quisiéramos ser precisos, la definición de alga tendría que ser: “Las algas son (*con numerosas excepciones*) organismos acuáticos que (*con frecuentes excepciones*) son fotoautótrofos oxigénicos y que (*en general*) son menos complejos morfológicamente que las plantas terrestres”.

Lo que indica esta ambigüedad en su definición es que las algas son organismos antiguos y muy diversos, que no forman un grupo monofilético, es decir, no tienen todos un origen común. Sus aparentes semejanzas morfológicas y anatómicas se deben a su adaptación primaria al medio acuático.

Su diversificación, especialmente a nivel citológico, está estrechamente relacionada con el origen y evolución de la célula eucariota, es decir con los procesos mediante los cuales las células primitivas (sencillas y sin orgánulos) se transformaron en células complejas, dotadas de núcleo, mitocondrias, cloroplastos, etc. Las propuestas que mejor explican el origen de las células eucariotas (y de las algas eucariotas) se basan en la *Hipótesis de la Endosimbiosis Serial*, desarrolladas formalmente por Lynn Margulis en los años 70.

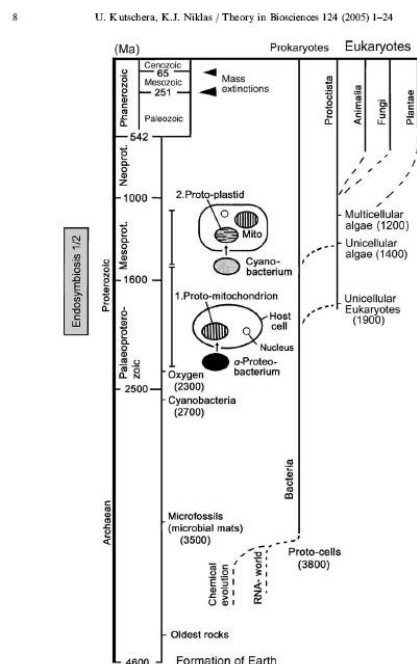
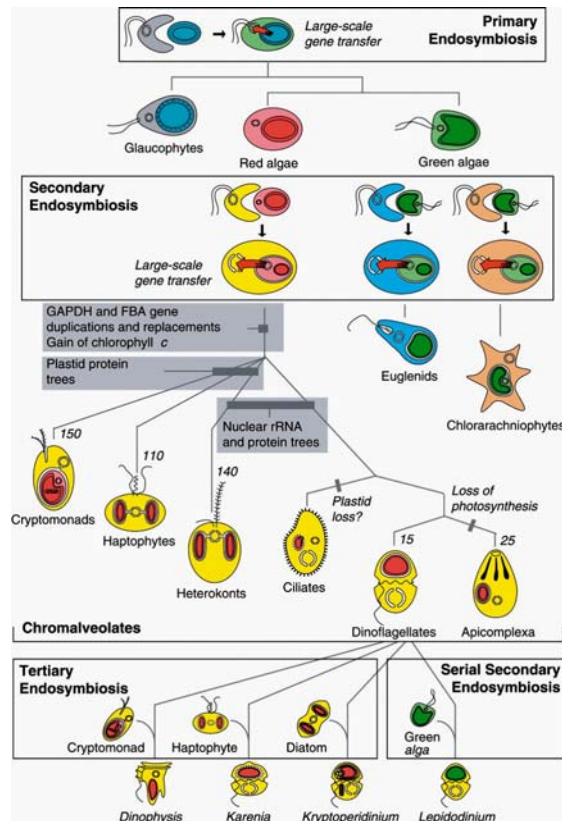


Fig. 4. Updated geological time scale (Whitefield, 2004) with key events in prokaryotic and eukaryotic cell evolution (Tice and Lowe, 2004). The two major endosymbiotic events giving rise to mitochondria and plastids are denoted as endosymbiosis 1 (which involved the transition of α -proteobacteria-like organisms into proto-mitochondria) and endosymbiosis 2 (which involved the transition from cyanobacteria-like organisms into proto-plastids). (Adapted from Kutschera and Niklas, 2004.)

Principales acontecimientos en la evolución de las células procariotas y eucariotas (Kutschera & Niklas, 2005)

La endosimbiosis ha sido una fuerza determinante y recurrente en el origen de varios grupos de algas. La ultraestructura de los plastos (p. ej. las membranas) y la combinación de pigmentos que presentan indica que no todos los grupos de algas se

originaron a partir de los mismos precursores, ni en el mismo momento. En cada grupo de algas veremos como se explica su origen actualmente en base a estas ideas.



Sucesivos procesos de endosimbiosis que ocurrieron en la diversificación de los distintos grupos de algas (Keeling, 2004; Keeling et al. 2004).

¿En qué caracteres se basa la sistemática actual de las algas eucariotas?

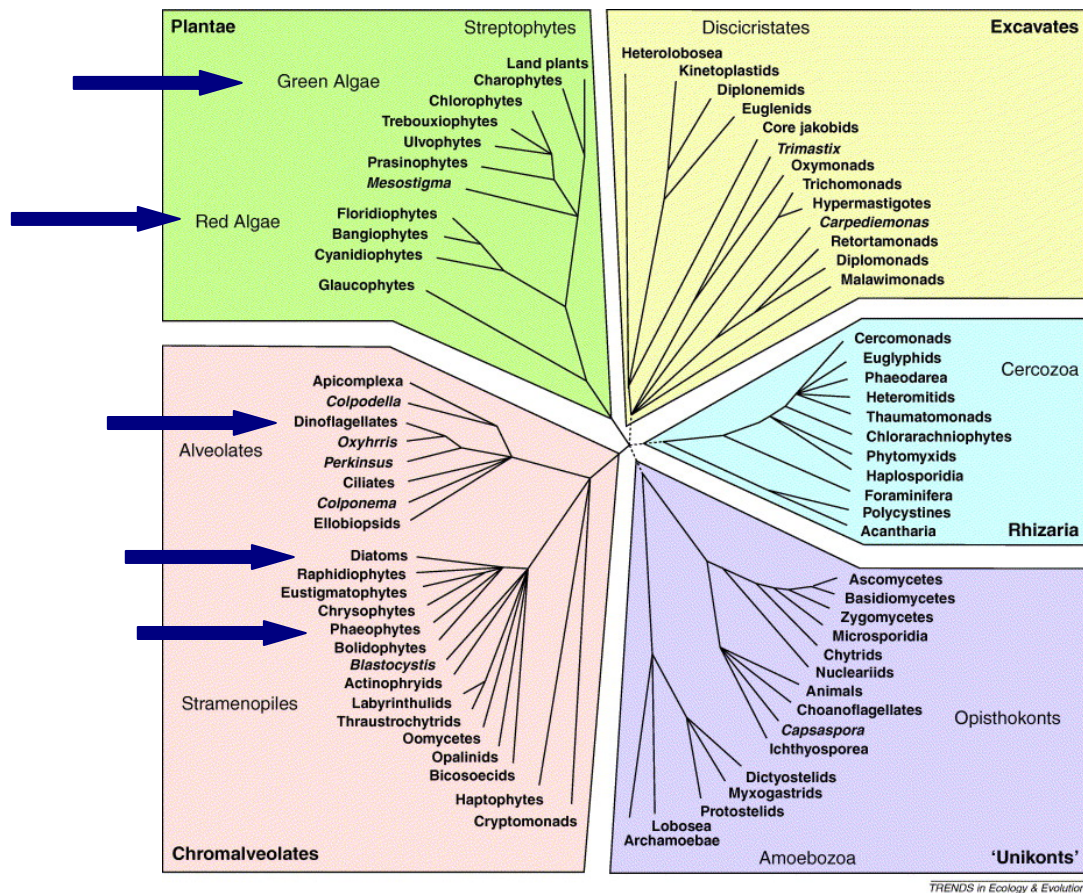
Para construir la Sistemática de las algas, como la del resto de los eucariotas, se emplean criterios citológicos, morfológicos, anatómicos, reproductivos, ecológicos y moleculares. Este último aspecto ha alcanzado un gran desarrollo en las últimas décadas, ya que la comparación y análisis de secuencias de DNA permite construir árboles filogenéticos que reflejen las relaciones de parentesco entre los grupos, es decir, permite definir grupos monofiléticos sobre los que se puede trazar la evolución de los caracteres morfológicos y estructurales.

Las clasificaciones mas recientes dividen los eucariotas en cinco grandes supergrupos o linajes. Como ya se ha indicado las algas concuerdan en sus caracteres morfológicos y anatómicos, por estar básicamente adaptadas al mismo medio (acuático) pero son grupos filogenéticamente heterogéneos.

Los diversos grupos de algas forman parte de distintos 'supergrupos'. Los grupos de algas seleccionados para este curso entran en dos de estos supergrupos:

- Las algas rojas y las algas verdes están incluidas dentro del supergrupo 'Plantas'
- Los dinoflagelados, las diatomeas y las algas pardas (feofitos) forman parte del supergrupo 'Cromalveolados'

Otros grupos de algas unicelulares, como las euglenas, pertenecen al supergrupo 'Excavados'.



The tree of eukaryotes (Keeling et al., 2005).

Los distintos grupos de algas presentan una serie de rasgos diferenciales, y han recibido tradicionalmente el rango taxonómico de División. A lo largo del curso veremos las principales características de algunas de las Divisiones de algas, centrándonos especialmente en:

- Caracteres citológicos: ultraestructura de los plastos, flagelos, niveles de organización.
- Caracteres bioquímicos: pigmentos, sustancias de reserva, composición de la pared celular.
- Caracteres reproductivos: ciclos vitales, tipos de células y estructuras reproductivas.
- Ecología y hábitats que prefieren.
- Caracteres moleculares (comparación de secuencias de regiones específicas del DNA nuclear y cloroplástico).

Reproducción de las algas

Las algas se reproducen por vía asexual (multiplicación) y sexual. Ambos procesos no son excluyentes. Muchos organismos los emplean alternativamente, en función de las condiciones del medio, o en distintos momentos de su ciclo vital.

La reproducción sexual produce recombinación y variabilidad genética a través del proceso de la meiosis. La descendencia que se origina por esta vía difiere de los parentales. En la reproducción sexual hay varias fases:

- **Plasmogamia:** consiste en la fusión de dos células reproductivas haploides (**gametos**)
- **Cariogamia:** es la fusión de los núcleos de los gametos dando lugar a un cigoto con núcleo diploide ($2n$).

Posteriormente en el ciclo del alga tiene que ocurrir una **meiosis**. Los cromosomas homólogos aportados por cada uno de los gametos se aparean, y recombinan. Posteriormente se separan para dar nuevas células haploides (n).

Según el tipo de gametos que presente el alga se diferencian distintos tipos de plasmogamia:

Isogamia: si los gametos son móviles e idénticos

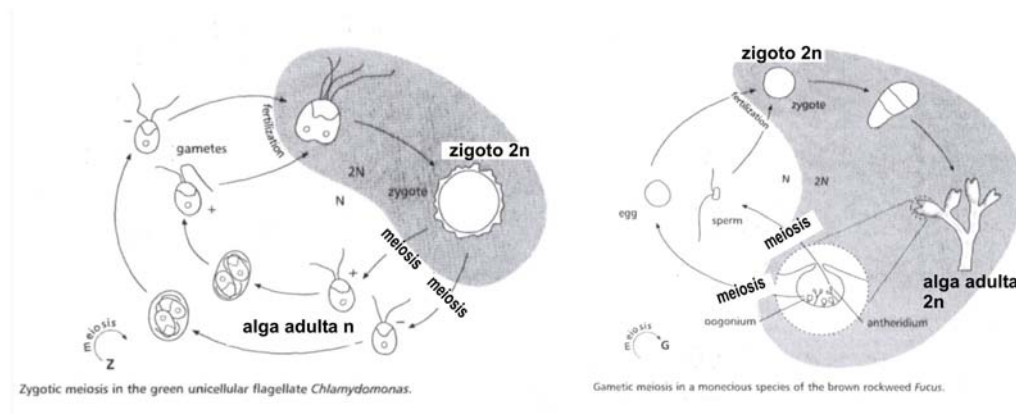
Anisogamia: si los gametos son móviles pero se diferencian en morfología o comportamiento

Oogamia: si el gameto femenino (oosfera) es grande e inmóvil, y los gametos masculinos son pequeños y numerosos.

Algunas algas presentan tipos especiales como la **cistogamia** y la **hologamia**

Las algas presentan una gran diversidad de **ciclos vitales** (o historias vitales). La diferencia entre estos ciclos incluye: a) el momento en que ocurre la meiosis, b) el tipo de células que produce, y c) si hay uno o más estados de vida libre en el ciclo.

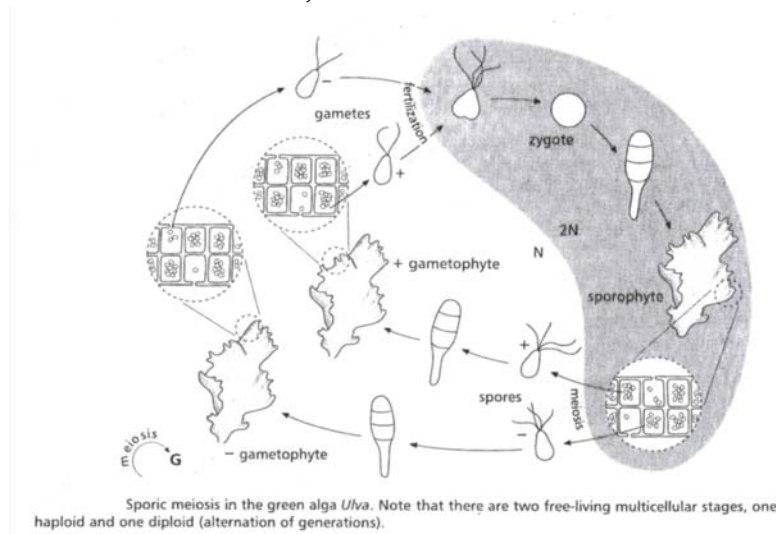
1. Ciclo **monogenético haplofásico**. La mayor parte del ciclo (la fase vegetativa, organismo adulto) es haploide(n). La meiosis **ocurre** durante la germinación del cigoto ($2n$). Se dice que hay **meiosis zigótica**.
2. Ciclo **monogenético diplofásico**. La fase vegetativa es diploide. La meiosis **origina** gametos haploides (n). Se dice que hay **meiosis gamética**.



Ejemplos de ciclos monogenéticos haplofásico (izquierda) y diplofásico (Graham & Wilcox, 2000). Compare donde se produce la meiosis

3. Ciclo **digenético haplodiplofásico**. Hay dos fases: el gametofito (haploide) y el esporofito (diploide). El gametofito (n) produce gametos (n) mediante mitosis, y el esporofito ($2n$) produce esporas (n) mediante meiosis. Este tipo de ciclo presenta **alternancia de generaciones** (gametofito y esporofito). Si ambas generaciones son

morfológicamente iguales la alternancia de generaciones es **isomórfica** (= igual forma); si las fases son diferentes, la alternancia es **heteromórfica**.



Ejemplo de ciclo digenético haplodiplonte (Graham & Wilcox, 2000). Observe donde se produce la meiosis

En este último ciclo es donde la terminología que se usa en los ciclos vitales es más fácil de comprender:

- El **gametofito** (planta n) tiene **gametangios** (células n diferenciadas) que producen **gametos** (células n , diferenciadas sexualmente, y capaces de unirse a otra de signo contrario para dar un cigoto $2n$) mediante mitosis
- El **esporofito** (planta $2n$) tienen **esporangios** (células $2n$ diferenciadas) que producen **meiosporas** (células n , capaces de germinar dando lugar a una nueva planta n) mediante meiosis.

Para hablar con precisión en este ciclo hay que hablar de **meiosporas**. Muchas algas producen otros tipos de esporas (células capaces de germinar) mediante mitosis como parte de la multiplicación asexual. En esos casos, las esporas (**mitosporas**) son haploides o diploides dependiendo de si se forman en plantas n o $2n$. Cuando no se especifica si se habla de meiosporas o mitosporas, hay que entenderlo en contexto.

Hay otras formas de denominar estos ciclos, algo más confusas. Los siguientes términos son equivalentes:

Ciclo **monogenético haplofásico** = ciclo **haplobiontico haplonte**

Ciclo **monogenético diplofásico** = ciclo **haplobiontico diplonte**

Ciclo **digenético haplodiplofásico** = ciclo **diplobiontico haplodiplonte**

Las algas rojas presentan además unos ciclos más complejos (trigenéticos) de los que hablaremos en la clase correspondiente

La **reproducción asexual** (= **multiplicación asexual**) es un modo de producir nuevos individuos idénticos al original. Sólo involucra divisiones mitóticas, no meiosis. Las formas de multiplicación asexual son muy variadas en las algas. Por ejemplo, los organismos unicelulares pueden dividirse en dos (**bipartición celular**); pueden producir **esporas** (mitosporas) capaces de germinar dando nuevos individuos; los pluricelulares pueden **fragmentarse**, y que las porciones resultantes crezcan y den nuevos individuos.

Importancia de las algas

La importancia de las algas para el funcionamiento del planeta es enorme, aunque desde nuestro punto de vista (terrestre) pasen inadvertidas. Las algas son enormemente diversas (desde unicelulares de $1\mu\text{m}$ de diámetro hasta gigantescas algas marinas de 50 m de largo) y están presentes en prácticamente todos los ecosistemas de la biosfera.

- Han jugado y juegan un papel fundamental en la composición de la atmósfera que respiramos y en el ciclo global del carbono.
- En simbiosis con otros organismos permiten el funcionamiento de ecosistemas complejos como los arrecifes de coral.
- En simbiosis con hongos forman líquenes, organismos colonizadores por excelencia de la roca desnuda y de ambientes extremos.



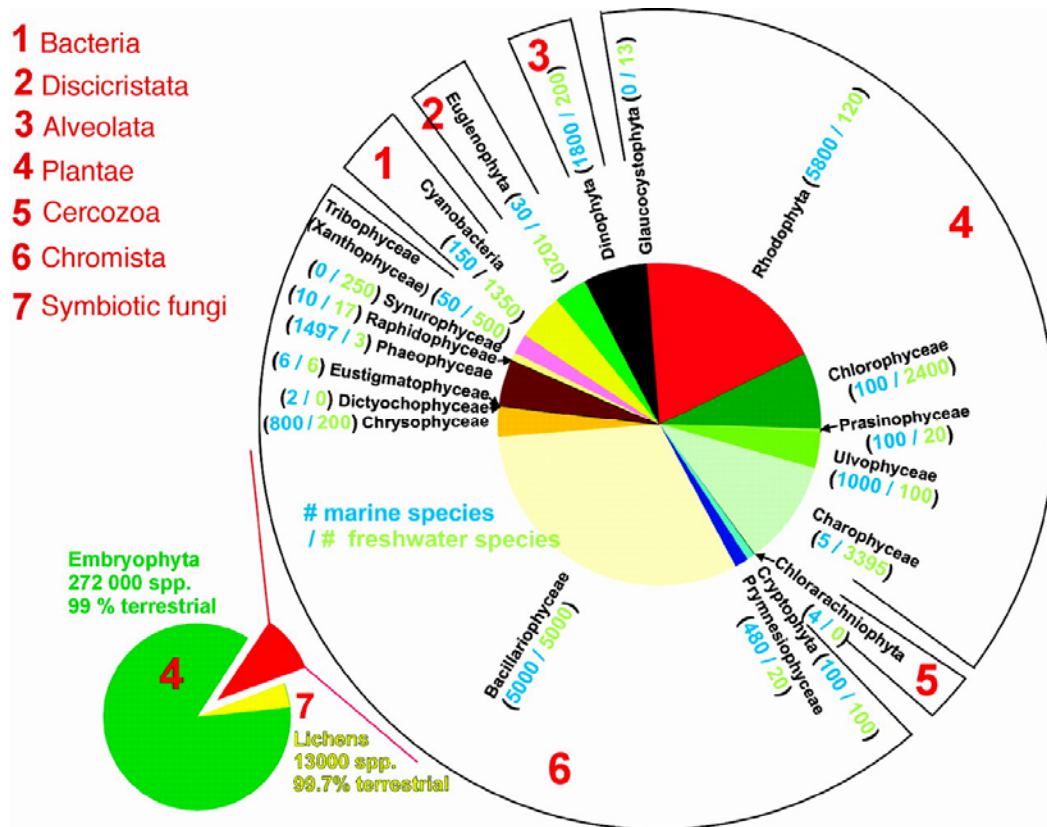
Vista aérea de la Gran Barrera de Coral en Australia (izquierda) y líquenes fruticosos creciendo en bosques húmedos (derecha)

- Contribuyen de manera decisiva al mantenimiento y productividad de la cadena trófica en el medio marino y de agua dulce (ríos y lagos). Es de especial importancia el **fitoplancton**, es decir, el conjunto de organismos fotosintéticos, en su mayoría unicelulares, que flotan libremente en las aguas marinas y dulces.

Estos organismos microscópicos constituyen menos del 1% de la biomasa fotosintetizadora de la Tierra, sin embargo son responsables de más del 45% del total de la producción primaria neta del planeta.

El fitoplancton está constituido por algas de muy diversos grupos filogenéticos. Esto contrasta claramente con lo que ocurre en el medio terrestre donde la inmensa mayoría de los fotoautótrofos pertenece a un único linaje (Embriofitos).

En la zona litoral mantienen importantes ecosistemas, en los que viven y se alimentan numerosos peces, mamíferos y aves



Distribución filogenética de los fotoautótrofos acuáticos y terrestres (Falkowski et al., 2004)-

En la actualidad las algas son de gran importancia y utilidad a través de una serie de aplicaciones científicas y tecnológicas:

- Algunas algas son excelentes *organismos modelo* en investigación. Muchas investigaciones citológicas y bioquímicas utilizaron y utilizan algas. Así, las primeras observaciones de la organización de los flagelos y cilios (la disposición en 9+2 pares de microtúbulos) se realizaron en algas. También en algas se determinó el espectro de absorción de la fotosíntesis (es decir se determinaron las longitudes de onda de la luz visible que son capturadas por la clorofila), los productos de la fotosíntesis que permiten la fijación de carbono, el papel de la enzima Rubisco y las bases genéticas de muchos procesos de desarrollo celular.
- Las algas se utilizan como biomonitores que proporcionan alertas y medidas del deterioro de las condiciones medioambientales. Algunas algas son particularmente sensibles a contaminantes como detergentes, colorantes, pesticidas y otras sustancias tóxicas.
- Algunas microalgas se cultivan en fitorreactores para producir suplementos alimentarios (ej. β -caroteno, polisacáridos), piensos y productos cosméticos, entre otros (más información en Pulz & Gross, 2004).
- Otras se emplean en procesos de depuración de aguas residuales y de desechos industriales.
- Diversas macroalgas se consumen directamente, bien recolectadas en la naturaleza o procedentes de cultivos (*Porphyra*, *Laminaria*, *Undaria*).

- De algunas macroalgas se obtienen agentes gelificantes de alto valor y amplio uso industrial (alginatos, carragenanos, agar y agarosa).

En las clases dedicadas a los principales grupos de algas veremos con más detalle los usos e importancia de cada grupo.

Referencias

- Falkowski, P.G., et al. 2004. The Evolution of Modern Eukaryotic Phytoplankton. *Science* vol 305, no. 5682, p. 354
- Graham, L.E. & L.W. Wilcox. 2000. *Algae*. Prentice Hall, 640 pp.
- Keeling, P.E. 2004. Diversity and evolutionary history of plastids and their hosts. *American Journal of Botany* 91(10): 1481–1493. 2004.
- Keeling, P. G. et al. 2004. Comment on "The Evolution of Modern Eukaryotic Phytoplankton". *Science* vol. 306, no. 5705, p. 2191.
- Keeling, P.K. et al. 2005. The tree of eukaryotes. *Trends in Ecology & Evolution* 20 (12): 670-676.
- Kutschera, U. & K.J. Niklas. 2005. Endosymbiosis, cell evolution, and speciation. *Theory in Biosciences* 124: 1–24
- Margulis, L. 1970. *Origin of Eukaryotic Cells*. Yale University Press, New Haven.
- Margulis, L. 1993. *Symbiosis in Cell Evolution*, 2nd Edition. Freeman, New York.
- Pulz, O. & Gross, W. 2004. Valuable products from biotechnology of microalgae. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 65: 635-648. Gross, W. 2004. Valuable products from biotechnology of microalgae. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 65: 635-648.
- Tomitani et al. 1999 Chlorophyll b and phycobilins in the common ancestor of cyanobacteria and chloroplasts. *Nature*, 400(6740), July 8, pp.159-162.