

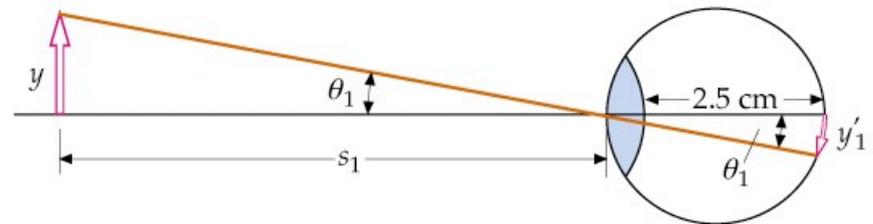
# TEMA 4: OPTICA

## 4.6 Óptica instrumental

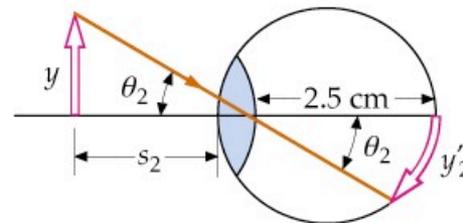
### (a) La lupa

#### (microscopio simple)

- Tamaño aparente de un objeto: tamaño de la imagen formada en la retina.
  - Objeto lejano
    - imagen pequeña
  - Mismo objeto más cerca
    - imagen más grande
- Límite: el punto próximo



(a)



(b)

*Figura 32.48 Tipler 5ª Ed.*

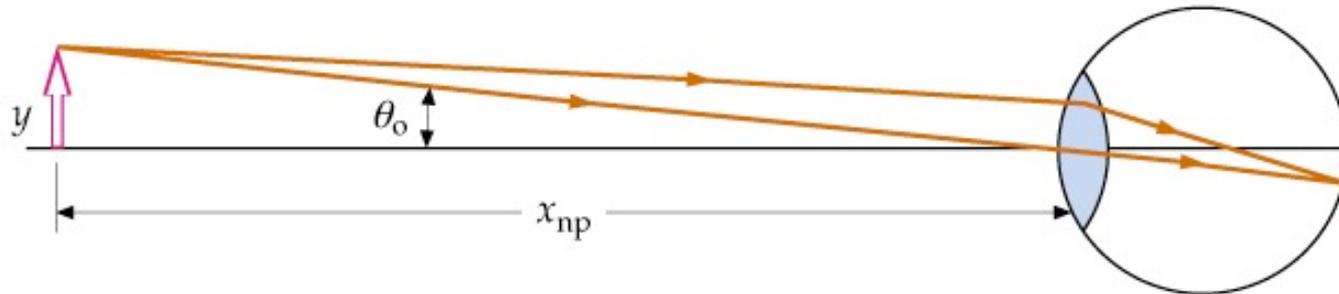
# TEMA 4: OPTICA

## 4.6 Óptica instrumental

### (a) La lupa (microscopio simple)

- LIMITE: **Angulo máximo** bajo el cual podemos observar un objeto a ojo desnudo:

$$\operatorname{tg}\theta_0 \cong \theta_0 \cong \frac{y}{d_{PP}}$$



(a)

*Figura 32.51 Tipler 5ª Ed.*

# TEMA 4: OPTICA

## 4.6 Óptica instrumental

### (a) La lupa (microscopio simple)

- Lupa: lente convergente
- USO CORRECTO:
  - pegar la lupa al ojo
  - ajustar objeto en foco objeto de la lente

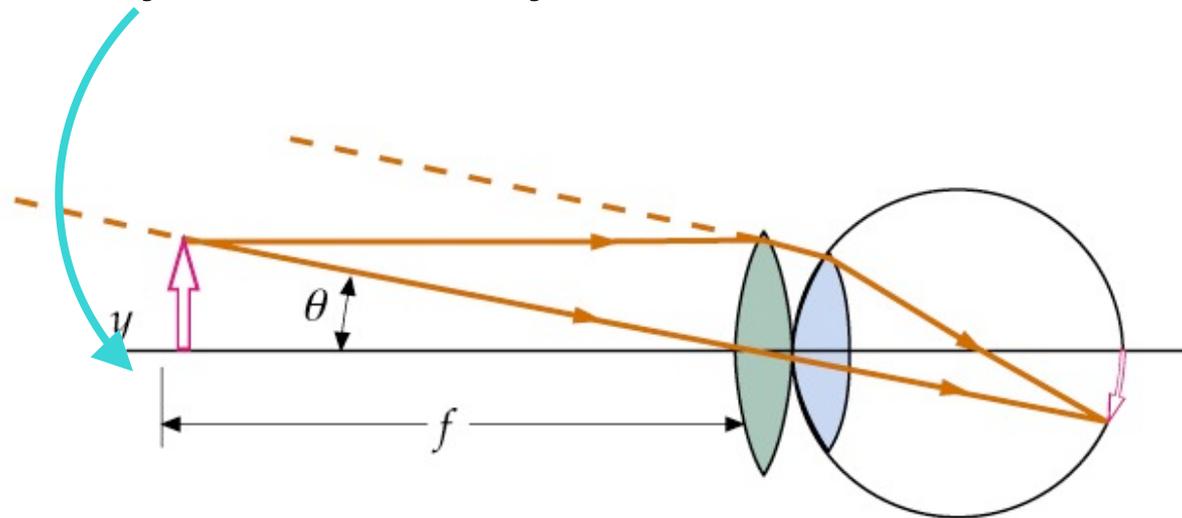


Figura 32.51 Tipler 5ª Ed.

(b)

# TEMA 4: OPTICA

## 4.6 Óptica instrumental

### (a) La lupa (microscopio simple)

- Lupa: lente convergente
- USO CORRECTO:
  - pegar la lupa al ojo
  - ajustar objeto en foco objeto de la lente
  - imagen (virtual, grande y derecha) se forma en el infinito

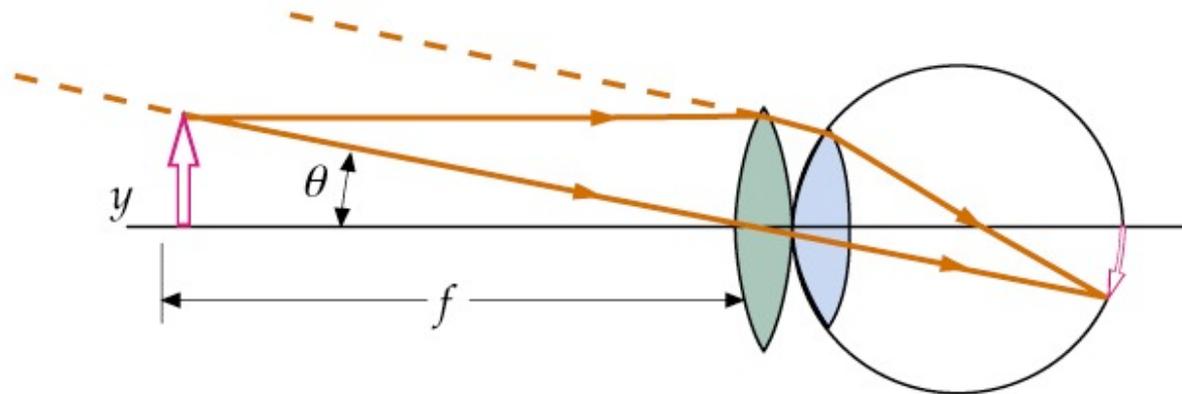


Figura 32.51 Tipler 5ª Ed.

(b)

# TEMA 4: OPTICA

## 4.6 Óptica instrumental

### (a) La lupa (microscopio simple)

#### CON LUPA

- Angulo  $\theta$ : mismo para objeto e imagen

$$tg\theta \cong \theta \cong \frac{y}{|f|} = \frac{y}{f'}$$

$$f' = -f = |f|$$

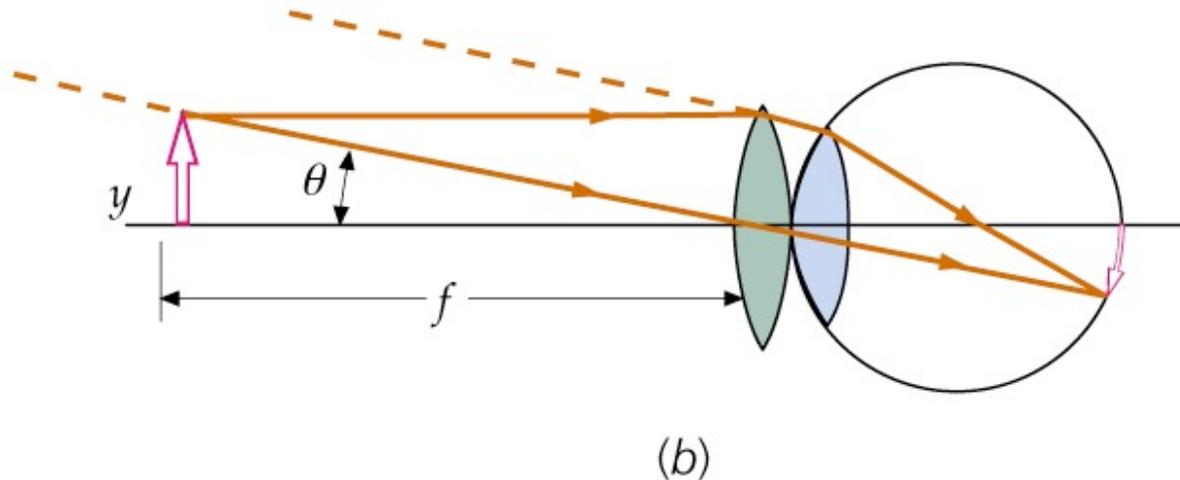


Figura 32.51 Tipler 5ª Ed.

# TEMA 4: OPTICA

## 4.6 Óptica instrumental

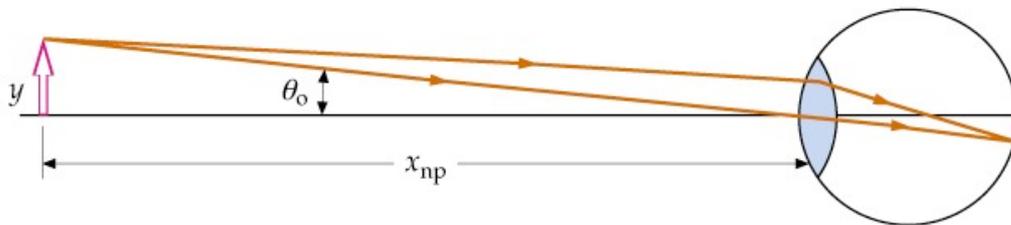
### (a) La lupa (microscopio simple)

■ Aumento:  $\beta = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}$

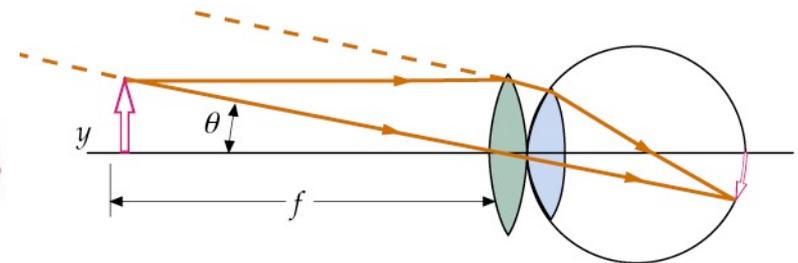
$s' = \infty$

■  $\theta_0$  ángulo subtendido sin lupa

■  $\theta$  ángulo subtendido con lupa



(a)



(b)

*Figura 32.51 Tipler 5ª Ed.*

# TEMA 4: OPTICA

## 4.6 Óptica instrumental

### (a) La lupa (microscopio simple)

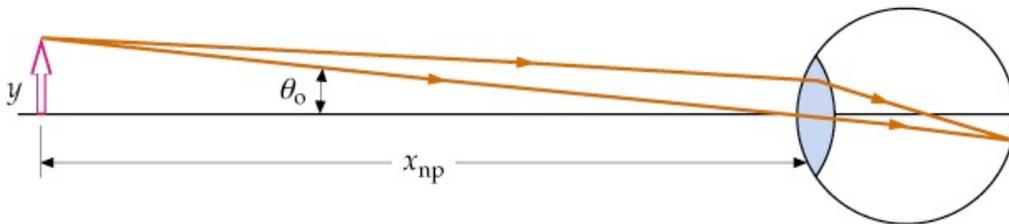
■ Aumento:  ~~$\beta = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}$~~

**sin lupa**      **con lupa**

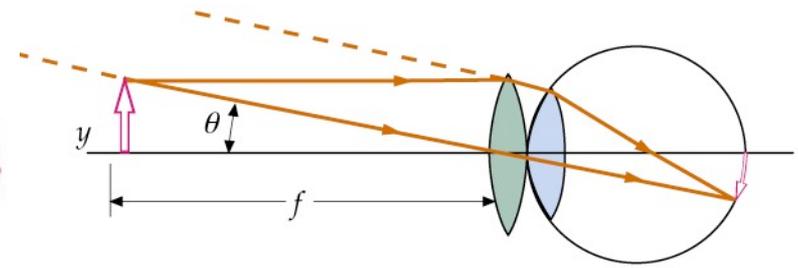
$$M = \frac{y'}{y} = \frac{\theta}{\theta_0} = \frac{y/f'}{y/d_{PP}} = \frac{d_{PP}}{f'}$$

■  $\theta_0$  ángulo subtendido sin lupa

■  $\theta$  ángulo subtendido con lupa



(a)



(b)

Figura 32.51 Tipler 5ª Ed.

# TEMA 4: OPTICA

## 4.6 Óptica instrumental

### (b) El microscopio compuesto

- Formado por dos lentes convergentes (al menos)
- permite observar objetos muy pequeños a distancias muy cortas

- OCULAR:  
lente más cercana al ojo



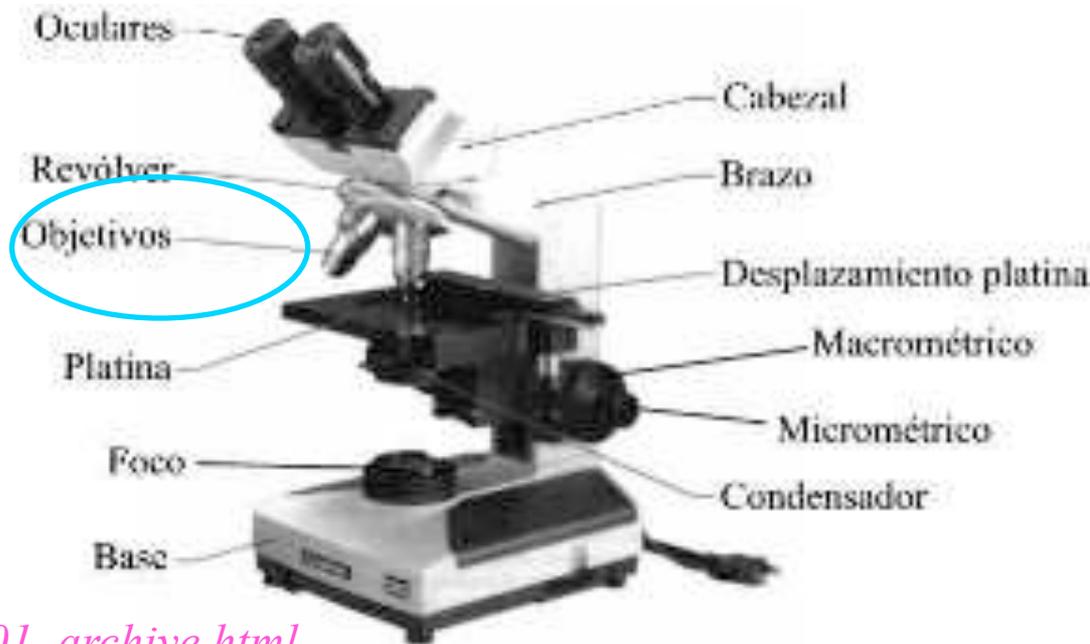
[http://claucf.blogspot.com/2009\\_11\\_01\\_archive.html](http://claucf.blogspot.com/2009_11_01_archive.html)

# TEMA 4: OPTICA

## 4.6 Óptica instrumental

### (b) El microscopio compuesto

- Formado por dos lentes convergentes (al menos)
- permite observar objetos muy pequeños a distancias muy cortas
- OCULAR:  
lente más cercana al ojo
- OBJETIVO:  
lente más cercana al objeto



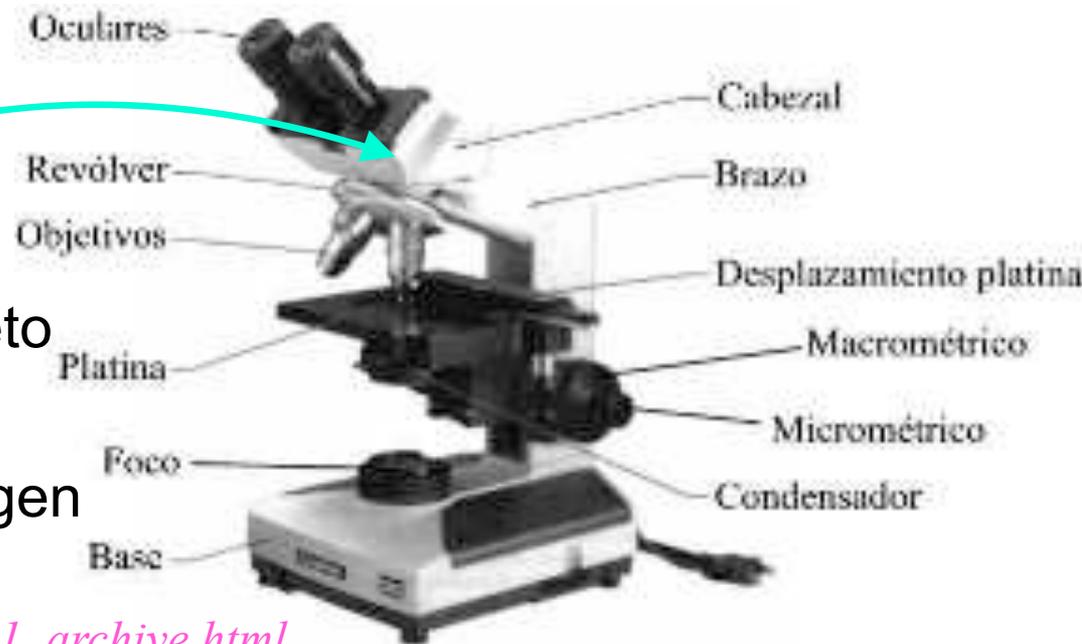
[http://claucf.blogspot.com/2009\\_11\\_01\\_archive.html](http://claucf.blogspot.com/2009_11_01_archive.html)

# TEMA 4: OPTICA

## 4.6 Óptica instrumental

### (b) El microscopio compuesto

- Formado por dos lentes convergentes (al menos)
- permite observar objetos muy pequeños a distancias muy cortas
- OCULAR:  
lente más cercana al ojo
- OBJETIVO:  
lente más cercana al objeto
- LONGITUD DEL TUBO:  
distancia entre focos imagen  
( $\approx 16$  a  $20$  cm)



[http://claucf.blogspot.com/2009\\_11\\_01\\_archive.html](http://claucf.blogspot.com/2009_11_01_archive.html)

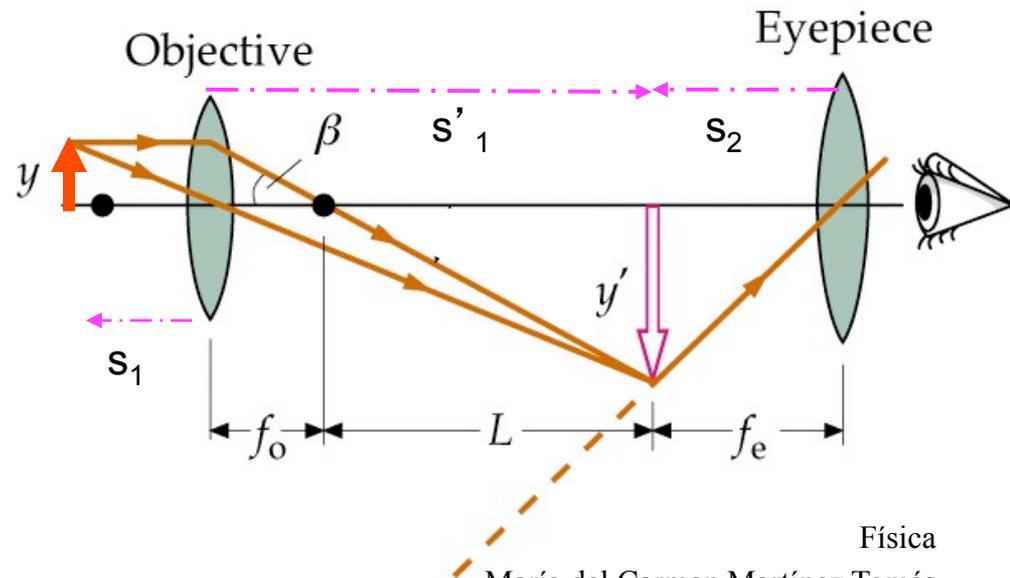
# TEMA 4: OPTICA

## 4.6 Óptica instrumental

### (b) El microscopio compuesto: funcionamiento

- Para el objetivo:

- Objeto cerca de foco objeto del objetivo:  $s_1 \approx f_o$



*Figura 32.52 Tipler 5ª Ed.*

# TEMA 4: OPTICA

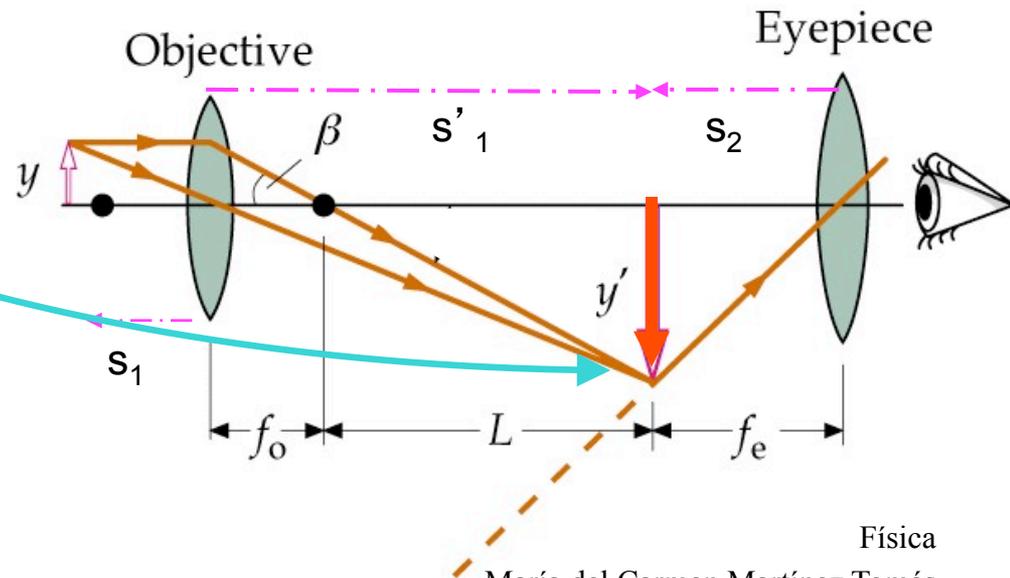
## 4.6 Óptica instrumental

### (b) El microscopio compuesto: funcionamiento

- Para el objetivo:

- Objeto cerca de foco objeto del objetivo:  $s_1 \approx f_o$
- Imagen real (grande e invertida) cerca del foco objeto del ocular:

$$s'_1 \approx f'_o + L$$



*Figura 32.52 Tipler 5ª Ed.*

# TEMA 4: OPTICA

## 4.6 Óptica instrumental

### (b) El microscopio compuesto: funcionamiento

#### ■ Para el objetivo:

- ❑ Objeto cerca de foco objeto del objetivo:  $s_1 \approx f_o$
- ❑ Imagen real (grande e invertida) cerca del foco objeto del ocular:

$$s'_1 \approx f'_o + L$$

- ❑ Aumento lineal:

$$\beta_{obj} = \frac{y'}{y} = \frac{s'_1}{s_1} = \frac{f'_o + L}{f_o} \approx \frac{L}{f_o} = -\frac{L}{f'_o}$$

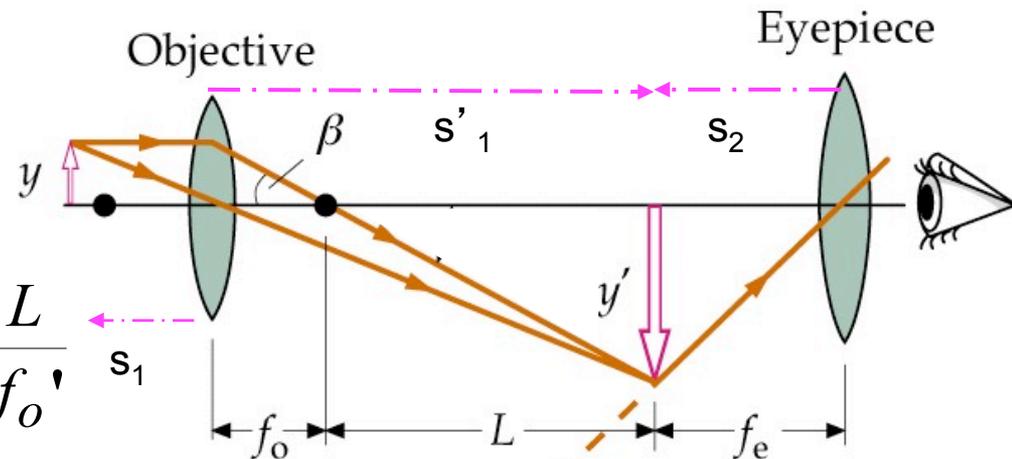


Figura 32.52 Tipler 5ª Ed.

$$f'_o = -f_o$$

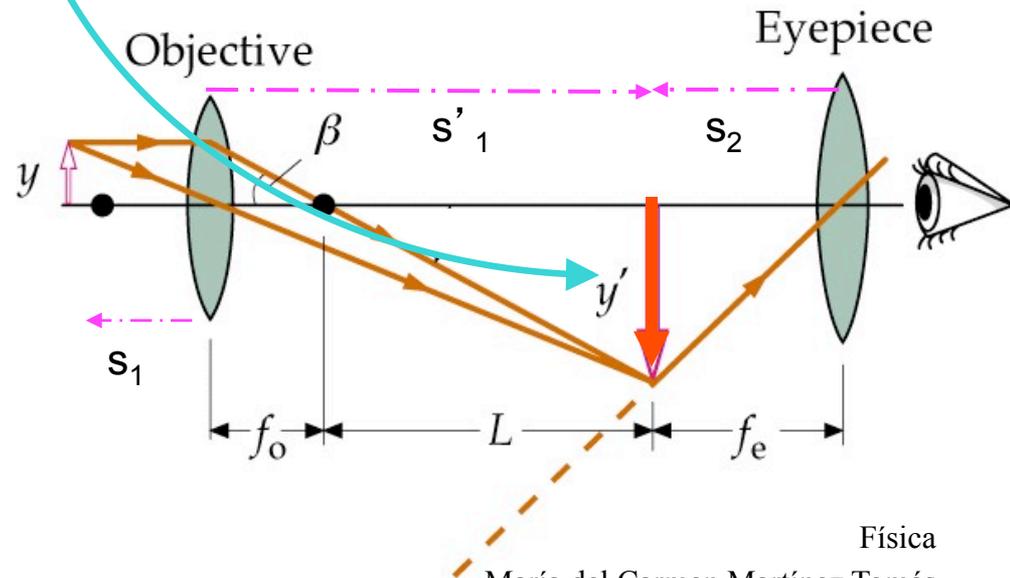
# TEMA 4: OPTICA

## 4.6 Óptica instrumental

### (b) El microscopio compuesto: funcionamiento

- Para el ocular:

- Imagen del objetivo = objeto del ocular  $s_2 \approx f_e$



*Figura 32.52 Tipler 5ª Ed.*

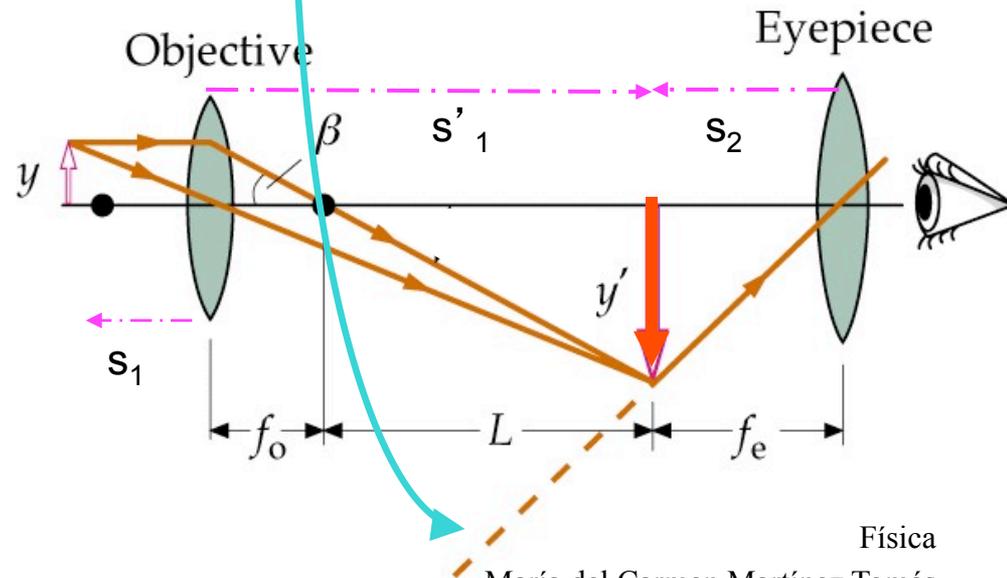
# TEMA 4: OPTICA

## 4.6 Óptica instrumental

### (b) El microscopio compuesto: funcionamiento

#### ■ Para el ocular:

- Imagen del objetivo = objeto del ocular  $s_2 \approx f_e$
- Cerca foco objeto del ocular: Imagen final  $y''$  virtual (grande, derecha respecto de  $y'$ , invertida respecto de  $y$ , casi en  $-\infty$ )



*Figura 32.52 Tipler 5ª Ed.*

# TEMA 4: OPTICA

## 4.6 Óptica instrumental

### (b) El microscopio compuesto: funcionamiento

#### ■ Para el ocular:

- ❑ Imagen del objetivo = objeto del ocular  $s_2 \approx f_e$
- ❑ Cerca foco objeto del ocular: Imagen final  $y''$  virtual (grande, derecha respecto de  $y'$ , invertida respecto de  $y$ , casi en  $-\infty$ )

#### ❑ Aumento angular LUPA:

$$M_{ocul} = \frac{y''}{y'} = \frac{d_{PP}}{f_e'}$$

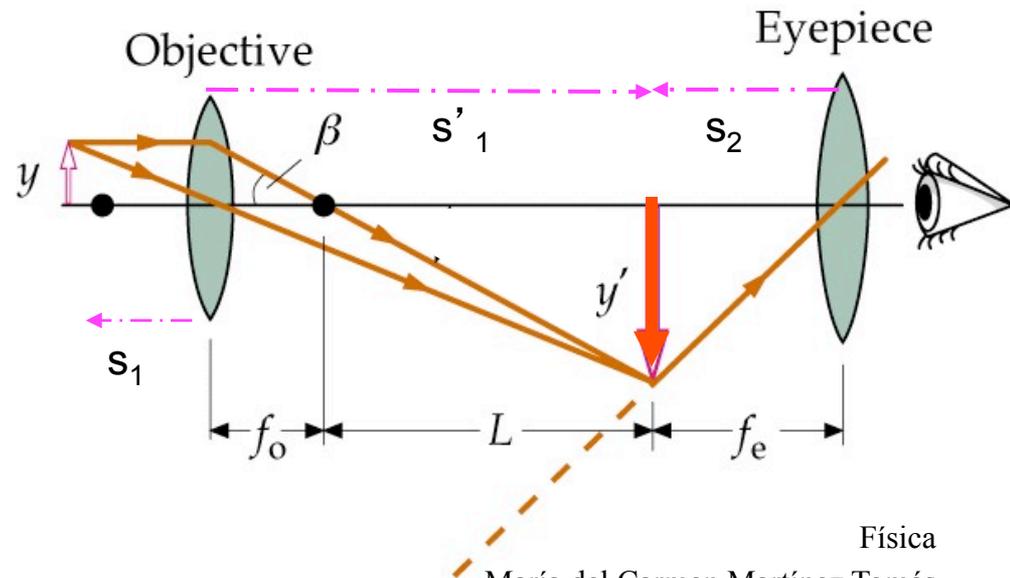


Figura 32.52 Tipler 5ª Ed.

# TEMA 4: OPTICA

## 4.6 Óptica instrumental

### (b) El microscopio compuesto: funcionamiento

#### ■ Para el ocular:

- ❑ Imagen del objetivo = objeto del ocular  $s_2 \approx f_e$
- ❑ Cerca foco objeto del ocular: Imagen final  $y''$  virtual (grande, derecha respecto de  $v'$ . invertida respecto de  $v$ . casi en  $-\infty$ )

#### ❑ Aumento angular LUPA:

$$M_{ocul} = \frac{y''}{y'} = \frac{d_{PP}}{f_e'}$$

#### ❑ Aumento total:

$$M = \beta_{obj} M_{ocul} = -\frac{L}{f_o'} \frac{d_{PP}}{f_e'} = -\frac{L d_{PP}}{f_o' f_e'}$$

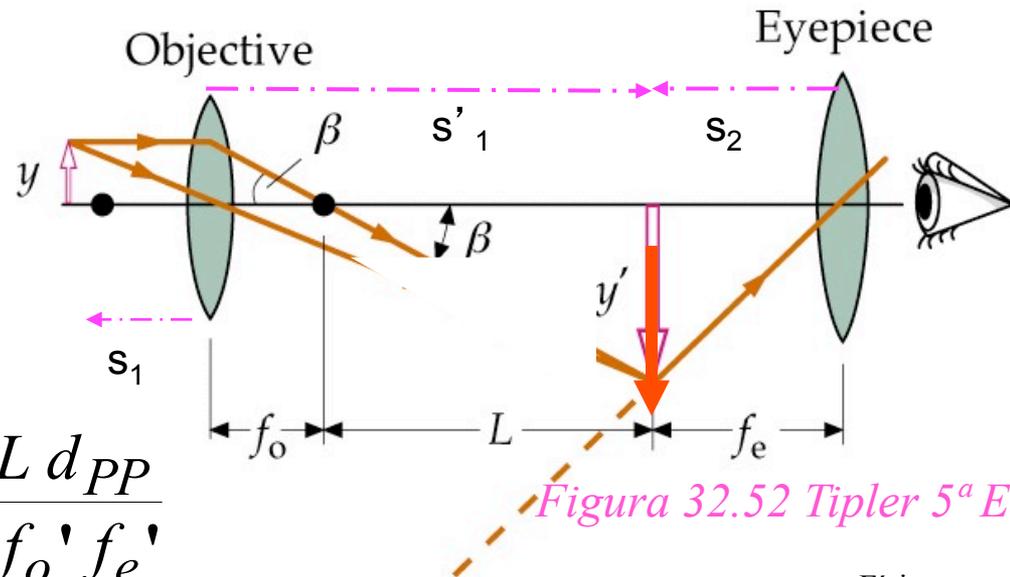


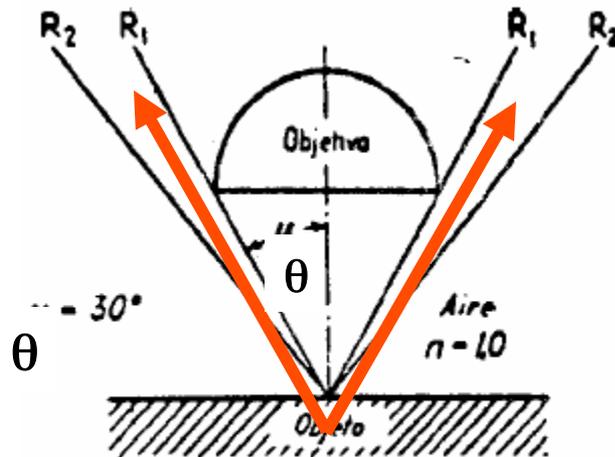
Figura 32.52 Tipler 5ª Ed.

# TEMA 4: OPTICA

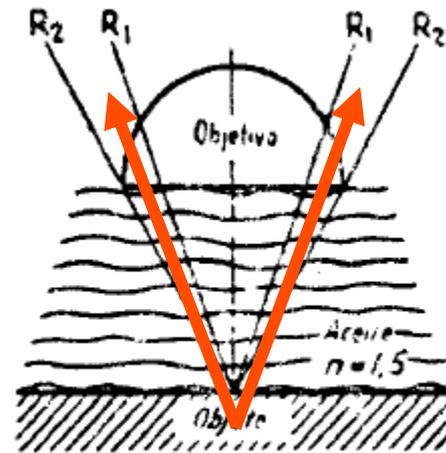
## 4.6 Óptica instrumental

### c) Apertura numérica

- Calidad de un objetivo: capacidad para “capturar” luz (luminosidad de la imagen)
- Si medio con alto índice de refracción: concentra los rayos



a) Objetivo seco.



b) Objetivo de inmersión en aceite.

<http://www.metalurgiausach.cl/TECNICAS%20EXPERIMENTALES/UNID6.pdf>

# TEMA 4: OPTICA

## 4.6 Óptica instrumental

### c) Apertura numérica

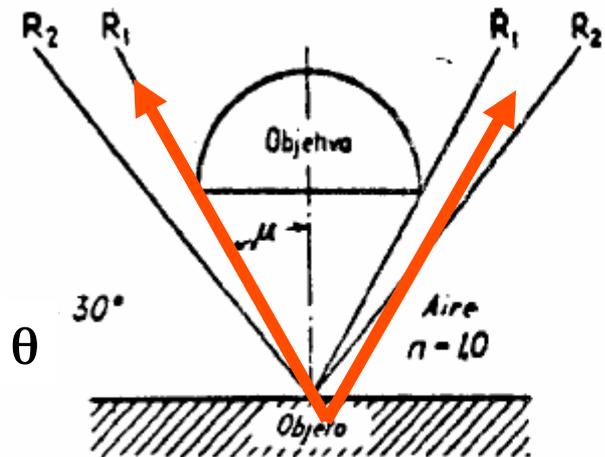
- Apertura numérica:  $A = n \cdot \sin \theta$
- Valores típicos:  $0.07 < A < 1.4$

$n$ : índice del medio entre el objeto y el objetivo

$\theta$ : es el semiángulo del cono formado por rayos marginales

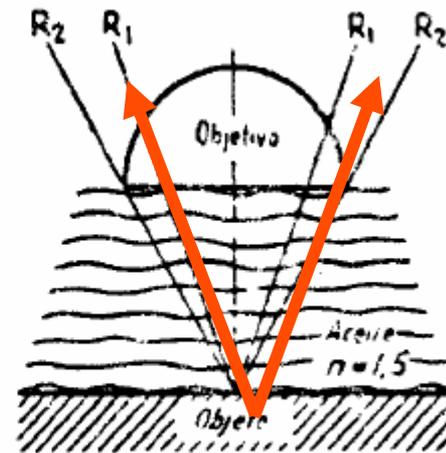
- diámetro de la lente
- distancia al objetivo

objetivos secos



a) Objetivo seco.

objetivos de inmersión



b) Objetivo de inmersión en aceite.