Programación Funcional en Haskell

Primera parte

Paradigmas de Lenguajes de Programación

Departamento de Ciencias de la Computación
Universidad de Buenos Aires

27 de agosto de 2024

Repaso: usando GHCi

Cómo empezar:

```
$
```

Repaso: usando GHCi

Cómo empezar:

```
$ ghci
Loading ...
Prelude>
```

Repaso: usando GHCi

Cómo empezar:

```
$ ghci
Loading ...
Prelude>:q
Leaving GHCi.
$
```

Repaso: usando GHCi

Cómo empezar:

```
$ ghci
Loading ...
Prelude>:q
Leaving GHCi.
$ ghci test.hs
Loading ...
[1 of 1] Compiling Main ( test.hs, interpreted )
Ok, modules loaded: Main.
*Main>
```

Repaso: usando GHCi

Cómo empezar:

```
$ ghci
Loading ...
Prelude>:q
Leaving GHCi.
$ ghci test.hs
Loading ...
[1 of 1] Compiling Main ( test.hs, interpreted )
Ok, modules loaded: Main.
*Main>
```

Otros comandos útiles:

- Para recargar: `:r`
- Para cargar otro archivo: `:l archivo.hs`
- Para conocer el tipo de una expresión: `:t True`

Currificación y aplicación parcial

```
prod :: (Int, Int) -> Int
prod (x, y) = x * y

prod' :: Int -> Int -> Int
prod' x y = x * y
```

¿Qué hacen estas funciones?

Currificación y aplicación parcial

```
prod :: (Int, Int) -> Int
prod (x, y) = x * y

prod' :: Int -> Int -> Int
prod' x y = x * y
```

¿Qué hacen estas funciones?

Podría decirse que ambas "toman dos argumentos (x, y) y devuelven su producto". Pero esto no es del todo así...

Currificación y aplicación parcial

```
prod :: (Int, Int) -> Int
prod (x, y) = x * y

prod' :: Int -> Int -> Int
prod' x y = x * y
```

Las funciones en Haskell siempre toman un único argumento.

Currificación y aplicación parcial

```
prod :: (Int, Int) -> Int
prod (x, y) = x * y

prod’ :: Int -> Int -> Int
prod’ x y = x * y
```

Las funciones en Haskell siempre toman un único argumento.

Entonces ¿qué hacen estas funciones?

Currificación y aplicación parcial

```haskell
prod :: (Int, Int) -> Int
prod (x, y) = x * y

prod' :: Int -> Int -> Int
prod' x y = x * y
```

Las funciones en Haskell siempre toman un único argumento.

Entonces ¿qué hacen estas funciones?

- `prod` recibe una tupla de dos elementos.

Currificación y aplicación parcial

```
prod :: (Int, Int) -> Int
prod (x, y) = x * y

prod’ :: Int -> Int -> Int
prod’ x y = x * y
```

Las funciones en Haskell siempre toman un único argumento.

Entonces ¿qué hacen estas funciones?

- `prod` recibe una tupla de dos elementos.
- ¿¿Y `prod’`??

Currificación y aplicación parcial

```haskell
prod :: (Int, Int) -> Int
prod (x, y) = x * y

prod' :: Int -> (Int -> Int)
(prod' x) y = x * y
```

Las funciones en Haskell siempre toman un único argumento.

Entonces ¿qué hacen estas funciones?

- `prod` recibe una tupla de dos elementos.
- `prod'` es una función que **toma un** x de tipo `Int` y **devuelve una función** de tipo `Int -> Int`, cuyo comportamiento es tomar un entero y multiplicarlo por x.

Currificación y aplicación parcial

```
prod :: (Int, Int) -> Int
prod (x, y) = x * y

prod' :: Int -> (Int -> Int)
(prod' x) y = x * y
```

Las funciones en Haskell siempre toman un único argumento.

Entonces ¿qué hacen estas funciones?

- `prod` recibe una tupla de dos elementos.
- `prod'` es una función que **toma un** x de tipo `Int` y **devuelve una función** de tipo `Int -> Int`, cuyo comportamiento es tomar un entero y multiplicarlo por x.
  En particular, `(prod' 2)` es la función que duplica.

Currificación y aplicación parcial

```
prod :: (Int, Int) -> Int
prod (x, y) = x * y

prod' :: Int -> (Int -> Int)
(prod' x) y = x * y
```

Las funciones en Haskell siempre toman un único argumento.

Entonces ¿qué hacen estas funciones?

- `prod` recibe una tupla de dos elementos.
- `prod'` es una función que **toma un** x de tipo `Int` y **devuelve una función** de tipo `Int -> Int`, cuyo comportamiento es tomar un entero y multiplicarlo por x.
  En particular, `(prod' 2)` es la función que duplica.
  Una definición equivalente de `prod'` usando funciones anónimas:

  ```
  prod' x = \y -> x*y
  ```

Currificación y aplicación parcial

```
prod :: (Int, Int) -> Int
prod (x, y) = x * y

prod' :: Int -> (Int -> Int)
(prod' x) y = x * y
```

Las funciones en Haskell siempre toman un único argumento.

Entonces ¿qué hacen estas funciones?

- `prod` recibe una tupla de dos elementos.
- `prod'` es una función que **toma un** x de tipo `Int` y **devuelve una función** de tipo `Int -> Int`, cuyo comportamiento es tomar un entero y multiplicarlo por x.
  En particular, `(prod' 2)` es la función que duplica.
  Una definición equivalente de `prod'` usando funciones anónimas:

  ```
  prod' x = \y -> x*y
  ```

Decimos que `prod'` es la versión currificada de `prod`.

Ejercicio

Definir las siguientes funciones:

1. `curry :: ((a,b) -> c) -> (a -> b -> c)`
   que devuelve la versión currificada de una función no currificada.
2. `uncurry :: (a -> b -> c) -> ((a,b) -> c)`
   que devuelve la versión no currificada de una función currificada.

Los paréntesis en gris no son necesarios, pero es útil escribirlos cuando estamos aprendiendo y queremos ver más explícitamente que estamos devolviendo una función.

Aplicación parcial

Ejercicios

Sea la función:

```
prod :: Int -> Int -> Int
prod x y = x * y
```

Aplicación parcial

Ejercicios

Sea la función:

```
prod :: Int -> Int -> Int
prod x y = x * y
```

Definimos `doble x = prod 2 x`

1. ¿Cuál es el tipo de `doble`?

Aplicación parcial

Ejercicios

Sea la función:

```
prod :: Int -> Int -> Int
prod x y = x * y
```

Definimos `doble x = prod 2 x`

1. ¿Cuál es el tipo de `doble`?
2. ¿Qué pasa si cambiamos la definición por `doble = prod 2`?

Aplicación parcial

Ejercicios

Sea la función:

```
prod :: Int -> Int -> Int
prod x y = x * y
```

Definimos `doble x = prod 2 x`

1. ¿Cuál es el tipo de `doble`?
2. ¿Qué pasa si cambiamos la definición por `doble = prod 2`?
3. ¿Qué significa `(+) 1`?

Aplicación parcial

Ejercicios

Sea la función:

```
prod :: Int -> Int -> Int
prod x y = x * y
```

Definimos `doble x = prod 2 x`

1. ¿Cuál es el tipo de `doble`?
2. ¿Qué pasa si cambiamos la definición por `doble = prod 2`?
3. ¿Qué significa `(+) 1`?
4. Definir las siguientes funciones de forma similar a `(+)1`:

Aplicación parcial

Ejercicios

Sea la función:

```
prod :: Int -> Int -> Int
prod x y = x * y
```

Definimos `doble x = prod 2 x`

1. ¿Cuál es el tipo de `doble`?
2. ¿Qué pasa si cambiamos la definición por `doble = prod 2`?
3. ¿Qué significa `(+) 1`?
4. Definir las siguientes funciones de forma similar a `(+)1`:
    - `triple :: Float -> Float`

Aplicación parcial

Ejercicios

Sea la función:

```
prod :: Int -> Int -> Int
prod x y = x * y
```

Definimos `doble x = prod 2 x`

1. ¿Cuál es el tipo de `doble`?
2. ¿Qué pasa si cambiamos la definición por `doble = prod 2`?
3. ¿Qué significa `(+) 1`?
4. Definir las siguientes funciones de forma similar a `(+)1`:
   - `triple :: Float -> Float`
   - `esMayorDeEdad :: Int -> Bool`

Funciones muy útiles

Ejercicios

1. Implementar y dar los tipos de las siguientes funciones:

Pueden ver más funciones útiles en la sección Útil del Campus.

Funciones muy útiles

Ejercicios

1. Implementar y dar los tipos de las siguientes funciones:
   a. `(.)` que compone dos funciones. Por ejemplo:
      `((\x -> x * 4).(\y -> y - 3)) 10` devuelve 28.

Pueden ver más funciones útiles en la sección Útil del Campus.

Ejercicios

1. Implementar y dar los tipos de las siguientes funciones:
   a. `(.)` que compone dos funciones. Por ejemplo:
      `((\x -> x * 4).(\y -> y - 3)) 10` devuelve 28.
   b. `flip` que invierte los argumentos de una función. Por ejemplo:
      `flip (\x y -> x - y) 1 5` devuelve 4.

Pueden ver más funciones útiles en la sección Útil del Campus.

Ejercicios

1. Implementar y dar los tipos de las siguientes funciones:
   a. `(.)` que compone dos funciones. Por ejemplo:
      `((\x -> x * 4).(\y -> y - 3)) 10` devuelve 28.
   b. `flip` que invierte los argumentos de una función. Por ejemplo:
      `flip (\x y -> x - y) 1 5` devuelve 4.
   c. `($)` que aplica una función a un argumento. Por ejemplo:
      `id $ 6` devuelve 6.

Pueden ver más funciones útiles en la sección Útil del Campus.

Funciones muy útiles

Ejercicios

1. Implementar y dar los tipos de las siguientes funciones:
   a. `(.)` que compone dos funciones. Por ejemplo:
      `((\x -> x * 4).(\y -> y - 3)) 10` devuelve 28.
   b. `flip` que invierte los argumentos de una función. Por ejemplo:
      `flip (\x y -> x - y) 1 5` devuelve 4.
   c. `($)` que aplica una función a un argumento. Por ejemplo:
      `id $ 6` devuelve 6.
   d. `const` que, dado un valor, retorna una función constante que devuelve siempre ese valor. Por ejemplo:
      `const 5 ‘‘casa’’` devuelve 5.

Pueden ver más funciones útiles en la sección Útil del Campus.

Funciones muy útiles

Ejercicios

1. Implementar y dar los tipos de las siguientes funciones:
   - a. `(.)` que compone dos funciones. Por ejemplo:
     `((\x -> x * 4).(\y -> y - 3)) 10` devuelve 28.
   - b. `flip` que invierte los argumentos de una función. Por ejemplo:
     `flip (\x y -> x - y) 1 5` devuelve 4.
   - c. `($)` que aplica una función a un argumento. Por ejemplo:
     `id $ 6` devuelve 6.
   - d. `const` que, dado un valor, retorna una función constante que devuelve siempre ese valor. Por ejemplo:
     `const 5 ‘‘casa’’` devuelve 5.
2. ¿Qué hace `flip ($) 0`?

Pueden ver más funciones útiles en la sección Útil del Campus.

Funciones muy útiles

Ejercicios

1. Implementar y dar los tipos de las siguientes funciones:
   a. `(.)` que compone dos funciones. Por ejemplo:
      `((\x -> x * 4).(\y -> y - 3)) 10` devuelve 28.
   b. `flip` que invierte los argumentos de una función. Por ejemplo:
      `flip (\x y -> x - y) 1 5` devuelve 4.
   c. `($)` que aplica una función a un argumento. Por ejemplo:
      `id $ 6` devuelve 6.
   d. `const` que, dado un valor, retorna una función constante que devuelve siempre ese valor. Por ejemplo:
      `const 5 ‘‘casa’’` devuelve 5.
2. ¿Qué hace `flip ($) 0`?
3. ¿Y `(==0) . (flip mod 2)`?

Pueden ver más funciones útiles en la sección Útil del Campus.

Listas

Hay varias **macros** para definir listas:

Listas

Hay varias **macros** para definir listas:

- Por extensión
  Esto es, dar la lista explícita, escribiendo todos sus elementos.
  Por ejemplo: `[4, 3, 3, 4, 6, 5, 4, 5, 4, 5]`.

Listas

Hay varias **macros** para definir listas:

- Por extensión
  Esto es, dar la lista explícita, escribiendo todos sus elementos.
  Por ejemplo: `[4, 3, 3, 4, 6, 5, 4, 5, 4, 5]`.

- Secuencias
  Son progresiones aritméticas en un rango particular.
  Por ejemplo: `[3..7]` es la lista que tiene todos los números enteros entre 3 y 7, mientras que `[2, 5..18]` es la lista que contiene 2, 5, 8, 11, 14 y 17.

Listas

Hay varias **macros** para definir listas:

- Por extensión
  Esto es, dar la lista explícita, escribiendo todos sus elementos.
  Por ejemplo: `[4, 3, 3, 4, 6, 5, 4, 5, 4, 5]`.

- Secuencias
  Son progresiones aritméticas en un rango particular.
  Por ejemplo: `[3..7]` es la lista que tiene todos los números enteros entre 3 y 7, mientras que `[2, 5..18]` es la lista que contiene 2, 5, 8, 11, 14 y 17.

- Por comprensión
  Se definen de la siguiente manera:

  ```
  [expresión | selectores, condiciones]
  ```

  Por ejemplo: `[(x,y) | x <- [0..5], y <- [0..3], x+y==4]`

Listas

Hay varias **macros** para definir listas:

- Por extensión
  Esto es, dar la lista explícita, escribiendo todos sus elementos.
  Por ejemplo: `[4, 3, 3, 4, 6, 5, 4, 5, 4, 5]`.

- Secuencias
  Son progresiones aritméticas en un rango particular.
  Por ejemplo: `[3..7]` es la lista que tiene todos los números enteros entre 3 y 7, mientras que `[2, 5..18]` es la lista que contiene 2, 5, 8, 11, 14 y 17.

- Por comprensión
  Se definen de la siguiente manera:
  `[expresión | selectores, condiciones]`
  Por ejemplo: `[(x,y) | x <- [0..5], y <- [0..3], x+y==4]` es la lista que tiene los pares (1,3), (2,2), (3,1) y (4,0).

Listas infinitas

Haskell también nos permite trabajar con listas infinitas.

Listas infinitas

Haskell también nos permite trabajar con listas infinitas.

Algunos ejemplos:

- `naturales = [1..]`

  1, 2, 3, 4, ...

Listas infinitas

Haskell también nos permite trabajar con listas infinitas.

Algunos ejemplos:

- `naturales = [1..]`

  1, 2, 3, 4, ...

- `multiplosDe3 = [0,3..]`

  0, 3, 6, 9, ...

Listas infinitas

Haskell también nos permite trabajar con listas infinitas.

Algunos ejemplos:

- `naturales = [1..]`

  1, 2, 3, 4, ...

- `multiplosDe3 = [0,3..]`

  0, 3, 6, 9, ...

- `repeat ‘‘hola’’`

  “hola”, “hola”, “hola”, “hola”, ...

Listas infinitas

Haskell también nos permite trabajar con listas infinitas.

Algunos ejemplos:

- `naturales = [1..]`
  1, 2, 3, 4, ...
- `multiplosDe3 = [0,3..]`
  0, 3, 6, 9, ...
- `repeat ‘‘hola’’`
  “hola”, “hola”, “hola”, “hola”, ...
- `primos = [n | n <- [2..], esPrimo n]`
  (asumiendo `esPrimo` definida) 2, 3, 5, 7, ...

Listas infinitas

Haskell también nos permite trabajar con listas infinitas.

Algunos ejemplos:

- `naturales = [1..]`

  1, 2, 3, 4, ...

- `multiplosDe3 = [0,3..]`

  0, 3, 6, 9, ...

- `repeat ‘‘hola’’`

  “hola”, “hola”, “hola”, “hola”, ...

- `primos = [n | n <- [2..], esPrimo n]`

  (asumiendo `esPrimo` definida) 2, 3, 5, 7, ...

- `infinitosUnos = 1 : infinitosUnos`

  1, 1, 1, 1, ...

Listas infinitas

Haskell también nos permite trabajar con listas infinitas.

Algunos ejemplos:

- `naturales = [1..]`

  1, 2, 3, 4, ...

- `multiplosDe3 = [0,3..]`

  0, 3, 6, 9, ...

- `repeat ``hola''`

  "hola", "hola", "hola", "hola", ...

- `primos = [n | n <- [2..], esPrimo n]`

  (asumiendo `esPrimo` definida) 2, 3, 5, 7, ...

- `infinitosUnos = 1 : infinitosUnos`

  1, 1, 1, 1, ...

¿Cómo es posible trabajar con listas infinitas sin que se cuelgue?

Evaluación lazy

```
take :: Int -> [a] -> [a]
take 0 _ = []
take _ [] = []
take n (x:xs) = x : take (n-1) xs

infinitosUnos :: [Int]
infinitosUnos = 1 : infinitosUnos

nUnos :: Int -> [Int]
nUnos n = take n infinitosUnos
```

Evaluación lazy

```
take :: Int -> [a] -> [a]
take 0 _ = []
take _ [] = []
take n (x:xs) = x : take (n-1) xs

infinitosUnos :: [Int]
infinitosUnos = 1 : infinitosUnos

nUnos :: Int -> [Int]
nUnos n = take n infinitosUnos
```

- Si ejecutamos `nUnos 2`...

Evaluación lazy

```
take :: Int -> [a] -> [a]
take 0 _ = []
take _ [] = []
take n (x:xs) = x : take (n-1) xs

infinitosUnos :: [Int]
infinitosUnos = 1 : infinitosUnos

nUnos :: Int -> [Int]
nUnos n = take n infinitosUnos
```

- Si ejecutamos `nUnos 2`...

  `nUnos 2` → `take 2 infinitosUnos` → `take 2 (1:infinitosUnos)`→ `1 : take (2-1) infinitosUnos` → `1 : take 1 infinitosUnos` → `1 : take 1 (1:infinitosUnos)`→ `1 : 1: take (1-1) infinitosUnos` → `1 : take 0 infinitosUnos` → `1 : 1 : []`

Evaluación lazy

```
take :: Int -> [a] -> [a]
take 0 _ = []
take _ [] = []
take n (x:xs) = x : take (n-1) xs

infinitosUnos :: [Int]
infinitosUnos = 1 : infinitosUnos

nUnos :: Int -> [Int]
nUnos n = take n infinitosUnos
```

- Si ejecutamos `nUnos 2`...

  `nUnos 2` → `take 2 infinitosUnos` → `take 2 (1:infinitosUnos)` → `1 : take (2-1) infinitosUnos` → `1 : take 1 infinitosUnos` → `1 : take 1 (1:infinitosUnos)` → `1 : 1: take (1-1) infinitosUnos` → `1 : take 0 infinitosUnos` → `1 : 1 : []`
- ¿Qué sucedería si usáramos otra estrategia de reducción?

Evaluación lazy

```
take :: Int -> [a] -> [a]
take 0 _ = []
take _ [] = []
take n (x:xs) = x : take (n-1) xs

infinitosUnos :: [Int]
infinitosUnos = 1 : infinitosUnos

nUnos :: Int -> [Int]
nUnos n = take n infinitosUnos
```

- Si ejecutamos `nUnos 2`...

  `nUnos 2` → `take 2 infinitosUnos` → `take 2 (1:infinitosUnos)`→ `1 : take (2-1) infinitosUnos` → `1 : take 1 infinitosUnos` → `1 : take 1 (1:infinitosUnos)`→ `1 : 1: take (1-1) infinitosUnos` → `1 : take 0 infinitosUnos` → `1 : 1 : []`
- ¿Qué sucedería si usáramos otra estrategia de reducción?
- Si para algún término existe una reducción finita, entonces la estrategia de reducción lazy termina.

Funciones de alto orden

Definamos las siguientes funciones
Precondición: las listas tienen algún elemento.

- `maximo :: Ord a => [a] -> a`
- `minimo :: Ord a => [a] -> a`
- `listaMasCorta :: [[a]] -> [a]`

Funciones de alto orden

Definamos las siguientes funciones
Precondición: las listas tienen algún elemento.

- `maximo :: Ord a => [a] -> a`
- `minimo :: Ord a => [a] -> a`
- `listaMasCorta :: [[a]] -> [a]`

Siempre hago lo mismo... ¿Se podrá generalizar? ¿Cómo?

Funciones de alto orden

Definamos las siguientes funciones
Precondición: las listas tienen algún elemento.

- `maximo :: Ord a => [a] -> a`
- `minimo :: Ord a => [a] -> a`
- `listaMasCorta :: [[a]] -> [a]`

Siempre hago lo mismo... ¿Se podrá generalizar? ¿Cómo?

Ejercicio

- `mejorSegun ::`

Definamos las siguientes funciones
Precondición: las listas tienen algún elemento.

- `maximo :: Ord a => [a] -> a`
- `minimo :: Ord a => [a] -> a`
- `listaMasCorta :: [[a]] -> [a]`

Siempre hago lo mismo... ¿Se podrá generalizar? ¿Cómo?

Ejercicio

- `mejorSegun :: (a -> a -> Bool) -> [a] -> a`

Definamos las siguientes funciones
Precondición: las listas tienen algún elemento.

- `maximo :: Ord a => [a] -> a`
- `minimo :: Ord a => [a] -> a`
- `listaMasCorta :: [[a]] -> [a]`

Siempre hago lo mismo... ¿Se podrá generalizar? ¿Cómo?

Ejercicio

- `mejorSegun :: (a -> a -> Bool) -> [a] -> a`
- Reescribir `maximo` y `listaMasCorta` en base a `mejorSegun`

Esquemas de recursión sobre listas: filter

```
filter :: (a -> Bool) -> [a] -> [a]
filter _ [] = []
filter p (x:xs) =
     if p x
     then x : filter p xs
     else filter p xs
```

Esquemas de recursión sobre listas: filter

```
filter :: (a -> Bool) -> [a] -> [a]
filter _ [] = []
filter p (x:xs) =
     if p x
     then x : filter p xs
     else filter p xs
```

Ejercicios

- Redefinir `filter` usando `foldr`

Esquemas de recursión sobre listas: filter

```
filter :: (a -> Bool) -> [a] -> [a]
filter _ [] = []
filter p (x:xs) =
     if p x
     then x : filter p xs
     else filter p xs
```

Ejercicios

- Redefinir `filter` usando `foldr`
- Definir usando `filter`:

Esquemas de recursión sobre listas: filter

```
filter :: (a -> Bool) -> [a] -> [a]
filter _ [] = []
filter p (x:xs) =
     if p x
     then x : filter p xs
     else filter p xs
```

Ejercicios

- Redefinir `filter` usando `foldr`
- Definir usando `filter`:
  - `deLongitudN :: Int -> [[a]] -> [[a]]`

Esquemas de recursión sobre listas: filter

```
filter :: (a -> Bool) -> [a] -> [a]
filter _ [] = []
filter p (x:xs) =
     if p x
     then x : filter p xs
     else filter p xs
```

Ejercicios

- Redefinir `filter` usando `foldr`
- Definir usando `filter`:
  - `deLongitudN :: Int -> [[a]] -> [[a]]`
  - `soloPuntosFijosEnN :: Int -> [Int->Int] -> [Int->Int]`
    Dados un número *n* y una lista de funciones, deja las funciones que al aplicarlas a *n* dan *n*

Esquemas de recursión sobre listas: map

```
map :: (a -> b) -> [a] -> [b]
map _ [] = []
map f (x:xs) = f x : map f xs
```

Esquemas de recursión sobre listas: map

```
map :: (a -> b) -> [a] -> [b]
map _ [] = []
map f (x:xs) = f x : map f xs
```

Ejercicio

- Redefinir `map` usando `foldr`

Esquemas de recursión sobre listas: map

```
map :: (a -> b) -> [a] -> [b]
map _ [] = []
map f (x:xs) = f x : map f xs
```

Ejercicio

- Redefinir `map` usando `foldr`
- Definir usando `map`:

Esquemas de recursión sobre listas: map

```
map :: (a -> b) -> [a] -> [b]
map _ [] = []
map f (x:xs) = f x : map f xs
```

Ejercicio

- Redefinir `map` usando `foldr`
- Definir usando `map`:
  - `reverseAnidado :: [[Char]] -> [[Char]]` que, dada una lista de strings, devuelve una lista con cada string dado vuelta y la lista completa dada vuelta. Por ejemplo: `reverseAnidado [‘‘quedate’’, ‘‘en’’, ‘‘casa’’]` devuelve `[‘‘asac", ‘‘ne’’, ‘‘etadeuq’’]`.
    Ayuda: ya existe la función `reverse` que invierte una lista.

Esquemas de recursión sobre listas: map

```
map :: (a -> b) -> [a] -> [b]
map _ [] = []
map f (x:xs) = f x : map f xs
```

Ejercicio

- Redefinir `map` usando `foldr`
- Definir usando `map`:
  - `reverseAnidado :: [[Char]] -> [[Char]]` que, dada una lista de strings, devuelve una lista con cada string dado vuelta y la lista completa dada vuelta. Por ejemplo: `reverseAnidado [‘‘quedate’’, ‘‘en’’, ‘‘casa’’]` devuelve `[‘‘asac", ‘‘ne’’, ‘‘etadeuq’’]`.
    Ayuda: ya existe la función `reverse` que invierte una lista.
  - `paresCuadrados :: [Int] -> [Int]` que, dada una lista de enteros, devuelve una lista con los cuadrados de los números pares y los impares sin modificar.

Desplegando la macro de las listas por comprensión

Definir una expresión equivalente a las siguiente utilizando `map` y `filter`:

Ejercicio

```
listaComp f xs p = [f x | x <- xs, p x]
```

Esquemas de recursión estructural sobre listas

Ya conocen `foldr` y `foldl`.

Para situaciones en las cuales no hay un caso base claro (ej: no existe el neutro), tenemos las funciones: `foldr1` y `foldl1`.

Permiten hacer recursión estructural sobre listas sin definir un caso base:

- `foldr1` toma como caso base el último elemento de la lista.
- `foldl1` toma como caso base el primer elemento de la lista.

Para ambas, la lista **no** debe ser vacía, y el tipo del resultado debe ser el de los elementos de la lista.

Esquemas de recursión estructural sobre listas

Ya conocen `foldr` y `foldl`.

Para situaciones en las cuales no hay un caso base claro (ej: no existe el neutro), tenemos las funciones: `foldr1` y `foldl1`.

Permiten hacer recursión estructural sobre listas sin definir un caso base:

- `foldr1` toma como caso base el último elemento de la lista.
- `foldl1` toma como caso base el primer elemento de la lista.

Para ambas, la lista **no** debe ser vacía, y el tipo del resultado debe ser el de los elementos de la lista.

Ejercicio

Definir mejorSegún `:: (a -> a -> Bool) -> [a] -> a` usando `foldr1` o `foldl1`.

Fin

¿ ¿ ¿ ¿ ¿ ¿ ¿ ¿ ¿ ? ? ? ? ? ? ? ? ?