Fundamentos de Programación Funcional y Concurrente

Elementos de Programación Funcional

Juan Francisco Díaz Frias

Profesor Titular (1993-hoy)
juanfco.diaz@correounivalle.edu.co
Edif. B13 - 4009
Universidad del Valle

Septiembre 2022

Plan

Plan

Plan

Plan

Plan

Plan

Generalidades

Todo lenguaje de programación provee:

- Expresiones primitivas representando los elementos más sencillos
- Maneras de combinar expresiones
- Maneras de abstraer expresiones, permitiendo nombrarlas y luego referirse a ellas por su nombre

Generalidades

Todo lenguaje de programación provee:

- Expresiones primitivas representando los elementos más sencillos
- Maneras de combinar expresiones
- Maneras de abstraer expresiones, permitiendo nombrarlas y luego referirse a ellas por su nombre

Generalidades

Todo lenguaje de programación provee:

- Expresiones primitivas representando los elementos más sencillos
- Maneras de combinar expresiones
- Maneras de abstraer expresiones, permitiendo nombrarlas y luego referirse a ellas por su nombre

Plan

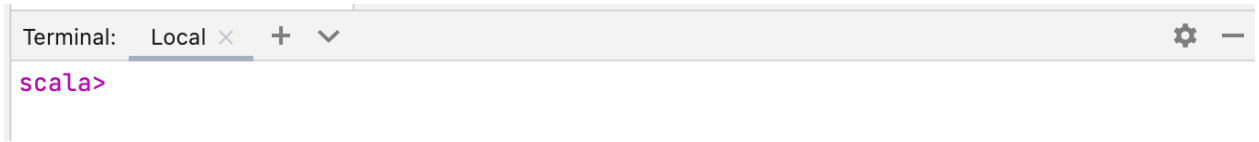
El Read-Eval-Print Loop

- La programación funcional es similar a usar una calculadora
- Una capa interactiva (El Read-Eval-Print Loop o REPL) le permite escribir expresiones a las que responde con su valor
- El REPL de Scala puede iniciarse desde:
  - Una consola:

```
juanfco@MacBook-Pro-de-Juan Threads % scala
Welcome to Scala 2.13.8 (OpenJDK 64-Bit Server VM, Java 11.0.11).
Type in expressions for evaluation. Or try :help.

scala>
```

  - El IDE:



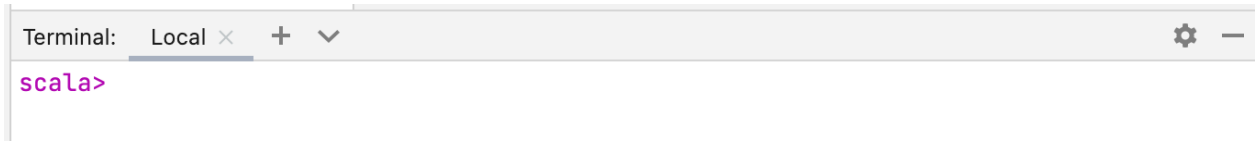
El Read-Eval-Print Loop

- La programación funcional es similar a usar una calculadora
- Una capa interactiva (El Read-Eval-Print Loop o REPL) le permite escribir expresiones a las que responde con su valor
- El REPL de Scala puede iniciarse desde:
  - Una consola:

```
juanfco@MacBook-Pro-de-Juan Threads % scala
Welcome to Scala 2.13.8 (OpenJDK 64-Bit Server VM, Java 11.0.11).
Type in expressions for evaluation. Or try :help.

scala>
```

  - El IDE:



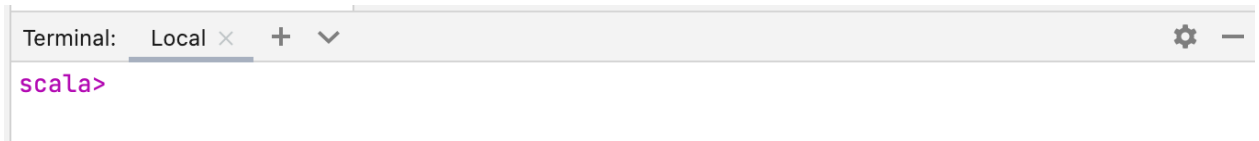
El Read-Eval-Print Loop

- La programación funcional es similar a usar una calculadora
- Una capa interactiva (El Read-Eval-Print Loop o REPL) le permite escribir expresiones a las que responde con su valor
- El REPL de Scala puede iniciarse desde:
  - Una consola:

```
juanfco@MacBook-Pro-de-Juan Threads % scala
Welcome to Scala 2.13.8 (OpenJDK 64-Bit Server VM, Java 11.0.11).
Type in expressions for evaluation. Or try :help.

scala>
```

  - El IDE:



Plan

Expresiones

Interacciones sencillas con REPL:

- Como calculadora

```
0  scala> 87+145
1  val res3: Int = 232
```

- Es más que las calculadoras pues permite definir valores y calcular con ellos

```
0  scala> def size=2
1  def size: Int
2
3  scala> 5*size
4  val res4: Int = 10
```

Evaluación de expresiones

- Toda expresión no primitiva (aplicar un operador a unos operandos) se evalúa de la siguiente manera:
  - Identifique el operador principal de la expresión
  - Evalúe sus operandos, de izquierda a derecha
  - Aplique el operador a los operandos
- Un nombre se evalúa substituyéndolo por lo que hay en el lado derecho de su definición.
- El proceso de evaluación termina una vez se tiene un valor (un valor es, por ahora, un número).

Evaluación de expresiones

- Toda expresión no primitiva (aplicar un operador a unos operandos) se evalúa de la siguiente manera:
  - Identifique el operador principal de la expresión
  - Evalúe sus operandos, de izquierda a derecha
  - Aplique el operador a los operandos
- Un nombre se evalúa substituyéndolo por lo que hay en el lado derecho de su definición.
- El proceso de evaluación termina una vez se tiene un valor (un valor es, por ahora, un número).

Evaluación de expresiones

- Toda expresión no primitiva (aplicar un operador a unos operandos) se evalúa de la siguiente manera:
  - Identifique el operador principal de la expresión
  - Evalúe sus operandos, de izquierda a derecha
  - Aplique el operador a los operandos
- Un nombre se evalúa substituyéndolo por lo que hay en el lado derecho de su definición.
- El proceso de evaluación termina una vez se tiene un valor (un valor es, por ahora, un número).

Ejemplo de evaluación de una expresión sencilla

¿Cómo se evaluaría la expresión: $(2 * Size) * Size$?

- Identificar el operador principal: $(2 * Size) * Size$
- Evaluar el primer operando $(2 * Size)$
  - Identificar el operador principal: $2 * Size$
  - Evaluar el primer operando 2
  - Evaluar el segundo operando Size. Como es un nombre, devuelve el lado derecho: 2
  - Aplicar el operador $*$ a los operandos 2 y 2 devolviendo 4
- Evaluar el segundo operando *Size*. Como es un nombre, devuelve el lado derecho: 2
- Aplicar el operador $*$ a los operandos 4 y 2 devolviendo 8

Ejemplo de evaluación de una expresión sencilla

¿Cómo se evaluaría la expresión: $(2 * Size) * Size$?

- Identificar el operador principal: $(2 * Size) * Size$
- Evaluar el primer operando $(2 * Size)$
  - Identificar el operador principal: $2 * Size$
  - Evaluar el primer operando 2
  - Evaluar el segundo operando $Size$. Como es un nombre, devuelve el lado derecho: 2
  - Aplicar el operador $*$ a los operandos 2 y 2 devolviendo 4
- Evaluar el segundo operando $Size$. Como es un nombre, devuelve el lado derecho: 2
- Aplicar el operador $*$ a los operandos 4 y 2 devolviendo 8

Ejemplo de evaluación de una expresión sencilla

¿Cómo se evaluaría la expresión: $(2 * Size) * Size$?

- Identificar el operador principal: $(2 * Size) * Size$
- Evaluar el primer operando $(2 * Size)$
  - Identificar el operador principal: $2 * Size$
  - Evaluar el primer operando 2
  - Evaluar el segundo operando *Size*. Como es un nombre, devuelve el lado derecho: 2
  - Aplicar el operador $*$ a los operandos 2 y 2 devolviendo 4
- Evaluar el segundo operando *Size*. Como es un nombre, devuelve el lado derecho: 2
- Aplicar el operador $*$ a los operandos 4 y 2 devolviendo 8

Ejemplo de evaluación de una expresión sencilla

¿Cómo se evaluaría la expresión: $(2 * Size) * Size$?

- Identificar el operador principal: $(2 * Size) * Size$
- Evaluar el primer operando $(2 * Size)$
  - Identificar el operador principal: $2 * Size$
  - Evaluar el primer operando 2
  - Evaluar el segundo operando $Size$. Como es un nombre, devuelve el lado derecho: 2
  - Aplicar el operador $*$ a los operandos 2 y 2 devolviendo 4
- Evaluar el segundo operando $Size$. Como es un nombre, devuelve el lado derecho: 2
- Aplicar el operador $*$ a los operandos 4 y 2 devolviendo 8

Ejemplo de evaluación de una expresión sencilla

¿Cómo se evaluaría la expresión: $(2 * Size) * Size$?

- Identificar el operador principal: $(2 * Size) * Size$
- Evaluar el primer operando $(2 * Size)$
  - Identificar el operador principal: $2 * Size$
  - Evaluar el primer operando 2
  - Evaluar el segundo operando $Size$. Como es un nombre, devuelve el lado derecho: 2
  - Aplicar el operador $*$ a los operandos 2 y 2 devolviendo 4
- Evaluar el segundo operando $Size$. Como es un nombre, devuelve el lado derecho: 2
- Aplicar el operador $*$ a los operandos 4 y 2 devolviendo 8

Ejemplo de evaluación de una expresión sencilla

¿Cómo se evaluaría la expresión: $(2 * Size) * Size$?

- Identificar el operador principal: $(2 * Size) * Size$
- Evaluar el primer operando $(2 * Size)$
  - Identificar el operador principal: $2 * Size$
  - Evaluar el primer operando 2
  - Evaluar el segundo operando $Size$. Como es un nombre, devuelve el lado derecho: 2
  - Aplicar el operador $*$ a los operandos 2 y 2 devolviendo 4
- Evaluar el segundo operando $Size$. Como es un nombre, devuelve el lado derecho: 2
- Aplicar el operador $*$ a los operandos 4 y 2 devolviendo 8

Ejemplo de evaluación de una expresión sencilla

¿Cómo se evaluaría la expresión: $(2 * Size) * Size$?

- Identificar el operador principal: $(2 * Size) * Size$
- Evaluar el primer operando $(2 * Size)$
  - Identificar el operador principal: $2 * Size$
  - Evaluar el primer operando 2
  - Evaluar el segundo operando $Size$. Como es un nombre, devuelve el lado derecho: 2
  - Aplicar el operador $*$ a los operandos 2 y 2 devolviendo 4
- Evaluar el segundo operando $Size$. Como es un nombre, devuelve el lado derecho: 2
- Aplicar el operador $*$ a los operandos 4 y 2 devolviendo 8

Ejemplo de evaluación de una expresión sencilla

¿Cómo se evaluaría la expresión: $(2 * Size) * Size$?

- Identificar el operador principal: $(2 * Size) * Size$
- Evaluar el primer operando $(2 * Size)$
  - Identificar el operador principal: $2 * Size$
  - Evaluar el primer operando 2
  - Evaluar el segundo operando $Size$. Como es un nombre, devuelve el lado derecho: 2
  - Aplicar el operador $*$ a los operandos 2 y 2 devolviendo 4
- Evaluar el segundo operando $Size$. Como es un nombre, devuelve el lado derecho: 2
- Aplicar el operador $*$ a los operandos 4 y 2 devolviendo 8

Parámetros

Las definiciones pueden tener parámetros:

```
0  scala> def square(x:Double)= x*x
1  def square(x: Double): Double
2  scala> square(2)
3  val res5: Double = 4.0
4  scala> square(5+4)
5  val res6: Double = 81.0
6  scala> square(square(4))
7  val res7: Double = 256.0
8  scala> def sumOfSquares(x:Double, y:Double)= square(x) + square(y)
9  def sumOfSquares(x: Double, y: Double): Double
```

Los tipos de los parámetros de las funciones se escriben después de :.
El tipo devuelto por la función se escribe después de :, posterior a la lista de parámetros.

```
0  scala> def sumOfSquares(x:Double, y:Double):Double= square(x) + square(y)
1  def sumOfSquares(x: Double, y: Double): Double
2
```

Los tipos son como en Java, pero con mayúscula:

```
0  Int, Double, Boolean
1
```

Evaluación de aplicación de funciones definidas por el programador

La aplicación de funciones con parámetros se evalúa de manera similar a las expresiones no primitivas:

- Evalúe los argumentos de izquierda a derecha
- Reemplace la aplicación de la función por su cuerpo (lado derecho del $=$) y,
- Reemplace en ese cuerpo, los parámetros formales por los argumentos actuales evaluados
- Evalúe esta nueva expresión

Por ejemplo:

```
0  sumOfSquares(3, 2+2)
1  sumOfSquares(3, 4)
2  square(3) + square(4)
3  3*3 + square(4)
4  9 + square(4)
5  9 + 4*4
6  9 + 16
7  25
```

Plan

El modelo de substitución

Este esquema de evaluación de expresiones se denomina El modelo de substitución

- La idea subyacente a este modelo es que evaluar es reducir la expresión a un valor.
- Este modelo puede ser aplicado a todas las expresiones, siempre que no tengan efectos de borde.
- El modelo de substitución se formaliza con el cálculo λ, el cual es el fundamento de la programación funcional.

El modelo de substitución

Este esquema de evaluación de expresiones se denomina El modelo de substitución

- La idea subyacente a este modelo es que evaluar es reducir la expresión a un valor.
- Este modelo puede ser aplicado a todas las expresiones, siempre que no tengan efectos de borde.
- El modelo de substitución se formaliza con el cálculo λ, el cual es el fundamento de la programación funcional.

¿Toda expresión reduce a un valor (en un número finito de pasos)?

Plan

Cambiando la estrategia de evaluación

En lugar de reducir los argumentos a valores antes de aplicar la función, se podría aplicar primero la función a los argumentos, sin reducir:

```
0  sumOfSquares(3, 2+2)
1  square(3) + square(2+2)
2  3*3 + square(2+2)
3  9 + square(2+2)
4  9 + (2+2)*(2+2)
5  9 + 4* (2+2)
6  9 + 4 * 4
7  9+16
8  25
```

A esta estrategia de evaluación se le denomina evaluación por nombre (call-by-name), CBN, en contraposición al modelo de substitución que se le denomina evaluación por valor (call-by-value), CBV.

CBV vs CBN

- Ambas estrategias de evaluación reducen al mismo valor final siempre y cuando:
  - La expresión sea puramente de funciones, y
  - Ambas evaluaciones terminen
- La evaluación por valor tiene la ventaja que evalúa cada argumento una sola vez.
- La evaluación por nombre tiene la ventaja que si un argumento no es usado en el cuerpo de la función, dicho argumento no será evaluado nunca.

CBV vs CBN

- Ambas estrategias de evaluación reducen al mismo valor final siempre y cuando:
  - La expresión sea puramente de funciones, y
  - Ambas evaluaciones terminen
- La evaluación por valor tiene la ventaja que evalúa cada argumento una sola vez.
- La evaluación por nombre tiene la ventaja que si un argumento no es usado en el cuerpo de la función, dicho argumento no será evaluado nunca.

CBV vs CBN

- Ambas estrategias de evaluación reducen al mismo valor final siempre y cuando:
  - La expresión sea puramente de funciones, y
  - Ambas evaluaciones terminen
- La evaluación por valor tiene la ventaja que evalúa cada argumento una sola vez.
- La evaluación por nombre tiene la ventaja que si un argumento no es usado en el cuerpo de la función, dicho argumento no será evaluado nunca.

CBV vs CBN, eficiencia

Considere la siguiente definición:

```
0  def test(x:Int, y:Int) = x*x
```

Para cada caso a continuación, analice cuál estrategia es más eficiente, o si son iguales en número de pasos de la reducción:

```
0  test(2, 3)
1  test(3+4, 8)
2  test(7, 2*4)
3  test (3+4, 2*4)
```

CBV vs CBN, terminación

Ya sabemos que si ambas estrategias terminan, ambas reducen al mismo valor.
Pero, ¿qué pasa si no está garantizada la terminación?

- Si CBV termina para una expresión *e*, entonces CBN termina para esa expresión *e*
- Para el otro lado, no se puede garantizar eso. Escriba un caso en que CVN termine pero CBV no

CBV vs CBN, terminación

Ya sabemos que si ambas estrategias terminan, ambas reducen al mismo valor.
Pero, ¿qué pasa si no está garantizada la terminación?

- Si CBV termina para una expresión *e*, entonces CBN termina para esa expresión *e*
- Para el otro lado, no se puede garantizar eso. Escriba un caso en que CVN termine pero CBV no

CBV vs CBN, ejemplo de no terminación

Considere la siguiente definición:

```
0  def loop:Int = loop
1  def first(x:Int, y:Int) = x
```

¿Cuál es el resultado de evaluar

```
0  first(1,loop)
```

usando CBV y usando CBN?

La estrategia de evaluación de Scala

Scala usa por defecto CBV
Pero, si el tipo de un parámetro de una función es anotado con $=>$, se usará CBN para evaluar ese argumento.
Por ejemplo, considere:

```
0  def constOne(x:Int, y: => Int) = 1
```

¿Cuál es el resultado de evaluar

```
0  ConstOne(1+2, loop)
```

y

```
0  ConstOne(loop, 1+2)
```

? [Socrative]

Plan

Expresiones condicionales

Para expresar escogencia entre dos alternativas, Scala tiene una expresión condicional

```
0  if-else
```

Es similar al de Java, pero se usa para expresiones (es decir siempre devuelve algo) no para declaraciones.
Por ejemplo:

```
0  scala> def abs(x:Int) = if (x>=0) x else -x
1  def abs(x: Int): Int
```

$(x >= 0)$ es un predicado de tipo Boolean.

Expresiones Booleanas

Las expresiones booleanas son:

```
0  true  false  // Constantes
1  !b           // Neg
2  b && b       // Conj
3  b || b       // Disy
```

Y las operaciones típicas de comparación:

```
0  e <= e, e >= e, e < e, e > e, e == e, e != e
```

Evaluación de expresiones booleanas y condicionales

Reglas de evaluación de las expresiones booleanas:

```
0  !true       --> false
1  !false      --> true
2  true && e   --> e
3  false && e  --> false
4  true || e   --> true
5  false || e  --> e
```

Nótese que el operando a la derecha no necesita ser evaluado siempre
Reglas de evaluación de la expresión condicional:
Se evalúa primero el predicado, y luego

```
0  if true e1 else e2  --> e1
1  if false e1 else e2 --> e2
```

Plan

Definiciones de valores

- Así como los parámetros de función pueden ser evaluados por valor o por nombre, así sucede con las definiciones.
- La evaluación de *def* es por nombre: el lado derecho es evaluado cada vez que se usa.
- Existe una manera de hacerlo por valor: *val*

```
0  scala> val x=2
1  val x: Int = 2
2
3  scala> val y = square(x)
4  val y: Double = 4.0
```

El lado derecho de una definición *val* se evalúa en el mismo momento de la definición. Después, el nombre se refiere al valor.

Definición de valores y terminación

- La diferencia entre *val* y *def* es evidente cuando la evaluación del lado derecho no termina.
- Suponga que tiene:

```
0  scala> def loop: Boolean = loop
1                          ^
2         warning: method loop does nothing other than call itself recursively
3  def loop: Boolean
```

- Una definición:

```
0  scala> def x = loop
1  def x: Boolean
```

está bien, pero una definición:

```
0  scala> val x = loop
```

se queda en un ciclo infinito.

Plan

Hacer una función para calcular $\sqrt{(x)}$

- Ilustrar:
  - Definición matemática vs Definición procedimental
  - Qué (declaración) vs Cómo (definición de función)
- Declaración:

$$\sqrt{x} = y : y \geq 0,\ \text{y}\ y^2 = x$$

- ¿Cómo calcular $\sqrt{x}$?

Hacer una función para calcular $\sqrt{(x)}$

- Ilustrar:
  - Definición matemática vs Definición procedimental
  - Qué (declaración) vs Cómo (definición de función)
- Declaración:

$$\sqrt{x} = y : y \geq 0, \text{ y } y^2 = x$$

- ¿Cómo calcular $\sqrt{x}$?

Hacer una función para calcular $\sqrt{(x)}$

- Ilustrar:
  - Definición matemática vs Definición procedimental
  - Qué (declaración) vs Cómo (definición de función)
- Declaración:

$$\sqrt{x} = y : y \geq 0, \text{ y } y^2 = x$$

- ¿Cómo calcular $\sqrt{x}$?

Plan

Utilizar el método de Newton

- Para calcular $\sqrt{(x)}$:
  - Empiece con una estimación inicial y (digamos $y = 1$)
  - Iterativamente mejore la estimación, tomando el promedio entre y y x/y
- Por ejemplo, para calcular $\sqrt{(2)}$:

Estimación	Cociente	Promedio
1	$\frac{2}{1} = 2$	$\frac{2+1}{2} = 1{,}5$
1.5	$\frac{2}{1{,}5} = 1{,}3333$	$\frac{1{,}3333+1{,}5}{2} = 1{,}4167$
1.4167	$\frac{2}{1{,}4167} = 1{,}4118$	$\frac{1{,}4118+1{,}4167}{2} = 1{,}4142$
1.4142	...	...

Utilizar el método de Newton

- Para calcular $\sqrt{(x)}$:
  - Empiece con una estimación inicial y (digamos $y = 1$)
  - Iterativamente mejore la estimación, tomando el promedio entre y y x/y
- Por ejemplo, para calcular $\sqrt{(2)}$:

Estimación	Cociente	Promedio
1	$\frac{2}{1} = 2$	$\frac{2+1}{2} = 1{,}5$
1.5	$\frac{2}{1{,}5} = 1{,}3333$	$\frac{1{,}3333+1{,}5}{2} = 1{,}4167$
1.4167	$\frac{2}{1{,}4167} = 1{,}4118$	$\frac{1{,}4118+1{,}4167}{2} = 1{,}4142$
1.4142	...	...

Plan

Implementación en Scala (1)

```
0  /* Primera version */
1  def abs(x:Double)= if (x>0) x else -x
2  def mejorar(estim:Double, x:Double) = (estim + x/estim)/2
3  def esBuenaEstim(estim:Double, x:Double) = abs(estim*estim - x) < 0.001
4  def raizCuadIter(estim:Double, x:Double): Double =
5    if (esBuenaEstim(estim, x)) estim else raizCuadIter(mejorar(estim, x), x)
6
7  def raizCuad(x:Double) = raizCuadIter(1,x)
```

Nótese que:

- *raizCuad* lanza el cálculo invocando a *raizCuadIter* con el estado inicial
- *raizCuadIter* está definida recursivamente (en el lado derecho se invoca a sí misma)
- La definición de *raizCuadIter* explicita el tipo que devuelve (obligatorio por ser recursiva; opcional si no)
- Aunque la definición es recursiva, implementamos una computación iterativa, sin uso de estructuras de control como *while*, *for*, *repeat*, ...
- ¿Qué pasaría si el *if* se evaluara como una expresión normal?

Funciones como cajas negras

- El problema de calcular $\sqrt{x}$ fué descompuesto en subproblemas:

  raizCuad $\left\{\right.$ raizCuadIter $\left\{\right.$ mejorar
  esBuenaEstim $\{$ abs

- Crucial: división en tareas modulares.

$\Rightarrow$ Funciones como cajas negras

Funciones como cajas negras

- El problema de calcular $\sqrt{x}$ fué descompuesto en subproblemas:

  raizCuad $\left\{\right.$ raizCuadIter $\left\{\begin{array}{l}\text{mejorar}\\ \text{esBuenaEstim} \left\{\right. \text{abs}\end{array}\right.$

- Crucial: división en tareas modulares.

$$\Rightarrow \text{Funciones como cajas negras}$$

Plan

Funciones anidadas

- Es un buen estilo de programación funcional, definir una tarea como la composición de varias funciones más sencillas
- Los nombres de las funciones como *raizCuadIter*, *esBuenaEstim*, *mejorar*, ... son útiles para la implementación de *raizCuad* pero no para nadie más.
- Típicamente, nadie más usará esas funciones
- Solución: estructura de bloques

```
0  /* Segunda version */
1  def raizCuad(x:Double) = {
2    def abs(x: Double) = if (x > 0) x else -x
3
4    def mejorar(estim: Double, x: Double) = (estim + x / estim) / 2
5
6    def esBuenaEstim(estim: Double, x: Double) = abs(estim * estim - x) < 0.001
7
8    def raizCuadIter(estim: Double, x: Double): Double =
9      if (esBuenaEstim(estim, x)) estim else raizCuadIter(mejorar(estim, x), x)
10
11   raizCuadIter(1, x)
12 }
```

Bloques en Scala

- Un *Bloque* está delimitado por corchetes $\{\ldots\}$

```
0  scala> {val y= raizCuad(2)
1                     y*y
2         }
3  val res2: Double = 2.0000060073048824
```

- Un bloque contiene una secuencia de definiciones o expresiones
- El último elemento de un bloque es una expresión que define su valor
- Esta expresión de retorno, puede estar precedida de definiciones auxiliares
- Los bloques son, ellos mismos, expresiones, y por tanto, pueden ser usados en todo lugar donde una expresión se puede usar.

Plan

Bloques y visibilidad

- Las definiciones dentro de un bloque, sólo son visibles dentro de ese bloque.
- Las definiciones dentro de un bloque ocultan las definiciones del mismo nombre por fuera del bloque

```
0  val x=0
1  def f(y:Int) = y+1
2  val result = {
3    val x=f(3)
4    x*x
5  }
```

- Qué valor calcula la siguiente expresión en *result*:

```
0  val x=5
1  def f(y:Int) = y+1
2  val result = {
3    val x=f(3)
4    x*x
5  } + x
```

- [Socrative]

Alcance léxico

- Las definiciones de bloques externos, son visibles dentro de un bloque a menos que ellas hayan sido ocultadas
- Por tanto, podemos simplificar *raizCuad*, eliminando ocurrencias redundantes de x, donde éste signifique lo mismo:

```
0  /* Tercera version */
1  def raizCuad(x:Double):Double={
2    def raizCuadIter(estim:Double):Double ={
3      if (esBuenaEstim(estim)) estim else raizCuadIter(mejorar(estim))
4    }
5    def mejorar(estim:Double) = (estim + x/estim)/2
6    def esBuenaEstim(estim:Double) = abs(estim*estim - x) < 0.001
7    def abs(x:Double)= if (x>0) x else -x
8    raizCuadIter(1.0)
9  }
```