

Tipos de datos estructurados

Ricardo Pérez López

IES Doñana, curso 2020/2021



Generado el 5 de diciembre de 2020 a las 10:12:00

1. Conceptos básicos
2. Secuencias
3. Estructuras no secuenciales

1. Conceptos básicos

1.1 Introducción

1.2 Clasificación

1.3 *Hashables*

1.4 Iterables

1.5 Iteradores

1.1. Introducción

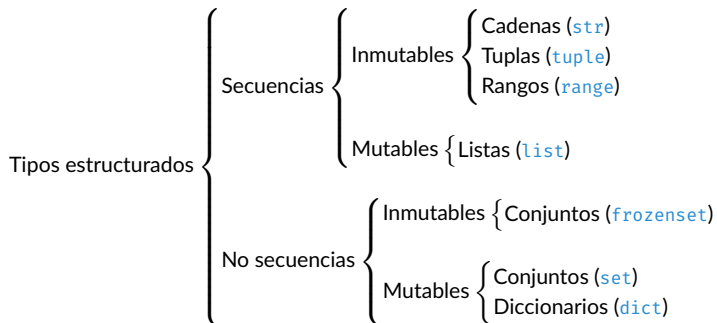
Introducción

- ▶ Un **dato estructurado** (también llamado **dato compuesto**, **colección** o **contenedor**) es un dato formado, a su vez, por otros datos llamados **componentes** o **elementos**.
- ▶ Un **tipo de dato estructurado**, también llamado **tipo compuesto**, es aquel cuyos valores son datos estructurados.
- ▶ Frecuentemente se puede acceder de manera individual a los elementos que componen un dato estructurado y a veces, también, se pueden modificar de manera individual.
- ▶ El término **estructura de datos** se suele usar como sinónimo de **tipo de dato estructurado**, aunque nosotros haremos una distinción:
 - Usaremos **tipo de dato estructurado** cuando usemos un dato sin conocer sus detalles internos de implementación.
 - Usaremos **estructura de datos** cuando nos interesen esos detalles internos.

1.2. Clasificación

Clasificación

- ▶ Los **datos estructurados** se pueden clasificar en:
 - **Secuenciales:** los elementos se pueden acceder directamente según la posición que ocupan dentro de la secuencia.
 - **No secuenciales:** los elementos no se pueden acceder directamente según la posición que ocupan, normalmente porque esos los elementos no se encuentran en una posición concreta dentro de la secuencia.
 - **Inmutables:** el dato estructurado no puede cambiar nunca su estado interno a lo largo de su vida.
 - **Mutable:** el dato estructurado puede cambiar su estado interno a lo largo de su vida sin cambiar su identidad.



1.3. Hashables

Hashables

- Un dato es *hashable* si cumple las siguientes dos condiciones:
 1. Tiene asociado un valor numérico llamado **hash** que nunca cambia durante su vida.

Si un dato es *hashable*, se podrá obtener su *hash* llamando a la función `hash` sobre el valor. En caso contrario, la llamada generará un error `TypeError`.
 2. Puede compararse con otros datos usando el operador `==`.
- Si dos datos *hashables* son iguales, entonces deben tener el mismo valor de *hash*:

Si `x == y`, entonces debe cumplirse que `hash(x) == hash(y)`.

- ▶ La mayoría de los datos inmutables predefinidos en Python son *hashables*.
- ▶ Los **contenedores inmutables** (como las tuplas o los `frozensets`) sólo son *hashables* si sus elementos también lo son.
- ▶ Los **contenedores mutables** (como las listas o los diccionarios) **NO** son *hashables*.
- ▶ El concepto de *hashable* es importante en Python ya que existen tipos de datos estructurados que sólo admiten elementos *hashables*.
- ▶ Por ejemplo, los elementos de un conjunto y las claves de un diccionario deben ser *hashables*.

- ▶ El valor *hash* de un dato se calcula internamente a partir del contenido del dato usando una fórmula que no nos debe preocupar.
- ▶ Ese valor se utiliza para acceder directamente al dato dentro de una colección, y por eso es un valor que no puede cambiar nunca.
- ▶ Esa es la razón por la que los contenedores mutables no son *hashables*: al ser mutables, su contenido cambia y, por tanto, su valor *hash* también.
- ▶ Ejemplos:

```
>>> hash('hola')
1466824599200729805
>>> hash(5)
5
>>> hash((1, 2, 3))
529344067295497451
>>> hash([1, 2, 3])
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
TypeError: unhashable type: 'list'
```

No se debe confundir el `id` de un dato con el `hash` de un dato:

`id`

`hash`

- | | |
|--|---|
| ▶ El <code>id</code> devuelve la identidad de un dato. | ▶ El <code>hash</code> devuelve el <i>hash</i> de un dato, si es <i>hashable</i> . |
| ▶ Todos los datos tienen identidad. | ▶ No todos los datos son <i>hashables</i> . |
| ▶ Puede haber datos iguales pero no idénticos. | ▶ Si dos datos son iguales, sus <i>hash</i> también deben serlo. |
| ▶ Su valor es independiente de la información concreta que contenga el dato. | ▶ Su valor se obtiene a partir de la información que contiene el dato, usando una fórmula matemática. |
| ▶ Por tanto, no cambia si se modifica el dato. | ▶ Por tanto, un dato mutable no puede ser <i>hashable</i> . |
-

- ▶ El *hash* de un dato es un número que representa al dato y a todo su contenido de una manera bien definida según una fórmula.
- ▶ En cierto modo, ese número *resume* el contenido del dato en un simple número entero.
- ▶ Gracias a ello, el intérprete puede utilizar técnicas que permiten localizar directamente a un dato dentro de una colección, de forma casi inmediata y sin importar el tamaño de la colección.
- ▶ De lo contrario, el intérprete tendría que buscar secuencialmente el dato dentro de la colección desde el principio hasta el final, lo que resultaría mucho más lento y consumiría un tiempo proporcional al tamaño de la colección (cuanto más grande sea la colección, más tardará).
- ▶ En definitiva, los *hash* permiten el acceso directo a un dato dentro de una colección.

1.4. Iterables

Iterables

- ▶ Un **iterable** es un dato compuesto que se puede recorrer o visitar elemento a elemento, es decir, que se puede *iterar* por sus elementos uno a uno.
- ▶ Como iterables tenemos:
 - Todas las secuencias: listas, cadenas, tuplas y rangos
 - Estructuras no secuenciales: diccionarios y conjuntos
- ▶ No representa un tipo concreto, sino más bien una *familia* de tipos que comparten la misma propiedad.
- ▶ Muchas funciones, como `map` y `filter`, actúan sobre iterables en general, en lugar de hacerlo sobre un tipo concreto.
- ▶ La forma básica de recorrer un dato iterable es usando un **iterador**.

1.5. Iteradores

1.5.1 Expresiones generadoras

1.5.2 El bucle `for`

1.5.3 El módulo `itertools`

Iteradores

- ▶ Un **iterador** representa un flujo de datos *perezoso* (no se entregan todos de una vez, sino de uno en uno).
- ▶ Cuando se llama repetidamente a la función `next` aplicada a un iterador, se van obteniendo los sucesivos elementos del flujo.
- ▶ Cuando ya no hay más elementos disponibles, se levanta una excepción de tipo `StopIteration`.
Eso indica que el iterador se ha agotado, por lo que si se sigue llamando a la función `next` se seguirá levantando esa excepción.
- ▶ Se puede obtener un iterador a partir de cualquier dato iterable aplicando la función `iter` al iterable.
- ▶ Si se le pasa un dato no iterable, levanta una excepción `TypeError`.

► Ejemplo:

```
>>> lista = [1, 2, 3, 4]
>>> it = iter(lista)
>>> next(it)
1
>>> next(it)
2
>>> next(it)
3
>>> next(it)
4
>>> next(it)
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
StopIteration
```

- ▶ También se suele decir que **los iteradores son iterables perezosos de un solo uso**:
 - Son **perezosos** porque calculan sus elementos a medida que los vas recorriendo.
 - Son **de un solo uso** porque, una vez que se ha consumido un elemento, ya no vuelve a aparecer.
- ▶ Se dice que un iterador está **agotado** si se ha consumido completamente, es decir, si se han consumido todos sus elementos.

- Funciones como `map` y `filter` devuelven iteradores porque, al ser perezosos, son más eficiente en memoria que devolver toda una lista o tupla.

Por ejemplo: ¿qué ocurre si sólo necesitamos los primeros elementos del resultado de un `map`?

- Los iteradores se pueden convertir en listas o tuplas usando las funciones `list` y `tuple`:

```
>>> l = [1, 2, 3]
>>> iterador = iter(l)
>>> t = tuple(iterador)
>>> t
(1, 2, 3)
```

- ▶ Los iteradores también son iterables que actúan como sus propios iteradores.
- ▶ Por tanto, cuando llamamos a `iter` pasándole un iterador, se devuelve el mismo iterador:

```
>>> lista = [1, 2, 3, 4]
>>> it = iter(lista)
>>> it
<list_iterator object at 0x7f3c49aa9080>
>>> it2 = iter(it)
>>> it2
<list_iterator object at 0x7f3c49aa9080>
```

- ▶ Por tanto, también podemos usar un iterador en cualquier sitio donde se espere un iterable.

Expresiones generadoras

- ▶ Las **expresiones generadoras** ya son conocidas por nosotros, pues las estudiamos y usamos en unidades anteriores.
- ▶ Aquí recordaremos que una expresión generadora es una expresión que **devuelve un iterador**:

```
<expr_gen> ::= (<expresión> (for <identificador> in <secuencia> [if <condición>]))+
```

- ▶ Ejemplo:

```
>>> cuadrados = (x ** 2 for x in range(1, 10))
>>> cuadrados
<generator object <genexpr> at 0x7f6a0fc7db48>
>>> next(cuadrados)
1
>>> next(cuadrados)
4
>>> next(cuadrados)
9
```

El bucle **for**

- Probablemente, la mejor forma de recorrer los elementos que devuelve un iterador es mediante una **estructura de control** llamada **bucle for**.
- Su sintaxis es:

```
for <variable>(, <variable>)* in <iterable>:  
    <sentencia>
```

que no es más que azúcar sintáctico para el siguiente código equivalente:

```
iterador = iter(<iterable>)  
fin = False  
while not fin:  
    try:  
        <variable>(, <variable>)* = next(iterador)  
    except StopIteration:  
        fin = True  
    else:  
        <sentencia>
```


► Ejemplos:

```
for i in range(0, 4):  
    print(i)
```

devuelve:

0
1
2
3

```
for x in ['hola', 23.5, 10, [1, 2]]:  
    print(x * 2)
```

devuelve:

'holahola'
47.0
20
[1, 2, 1, 2]

- ▶ Al recorrer la lista, la variable va almacenando en cada paso el valor del elemento que en ese momento se está visitando.
- ▶ Si necesitáramos recuperar también el índice del elemento, podemos usar la función `enumerate`.
- ▶ Esta función devuelve un iterador que va generando tuplas que contienen, además del elemento, un valor numérico que representa un contador.
- ▶ Las tuplas que devuelve el iterador llevan el contador en la primera posición y el elemento de la lista en la segunda posición.
- ▶ Ese contador, por defecto, empieza desde 0 y se va incrementando de uno en uno, por lo que coincide con el índice del elemento en la lista:

```
>>> for i, e in enumerate(['a', 'b', 'c']):  
...     print('El elemento en la posición ' + str(i) + ' es ' + str(e))  
...  
El elemento en la posición 0 es a  
El elemento en la posición 1 es b  
El elemento en la posición 2 es c
```

El módulo `itertools`

- ▶ El módulo `itertools` contiene una variedad de iteradores de uso frecuente así como funciones que combinan varios iteradores.
- ▶ `itertools.count([<inicio>[, <paso>]])` devuelve un flujo infinito de valores separados uniformemente. Se puede indicar opcionalmente un valor de comienzo (que por defecto es `0`) y el intervalo entre números (que por defecto es `1`):
 - `itertools.count()` \Rightarrow 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, ...
 - `itertools.count(10)` \Rightarrow 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, ...
 - `itertools.count(10, 5)` \Rightarrow 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, ...

- ▶ `itertools.cycle(<iterador>)` devuelve un nuevo iterador que va generando sus elementos del primero al último, repitiéndolos indefinidamente:
 - `itertools.cycle([1, 2, 3, 4])` \Rightarrow 1, 2, 3, 4, 1, 2, 3, 4, ...
- ▶ `itertools.repeat(<elem>[, <n>])` devuelve `<n>` veces el elemento `<elem>`, o lo devuelve indefinidamente si no se indica `<n>`:
 - `itertools.repeat('abc')` \Rightarrow abc, abc, abc, abc, abc, abc, abc, ...
 - `itertools.repeat('abc', 5)` \Rightarrow abc, abc, abc, abc, abc

2. Secuencias

2.1 Concepto de secuencia

2.2 Operaciones comunes

2.3 Inmutables

2.4 Mutables

2.1. Concepto de secuencia

Concepto de secuencia

- ▶ Una **secuencia** s es un dato estructurado que cumple lo siguiente:
 - Cada elemento que contiene lleva asociado un número entero llamado **índice**, comprendido entre 0 y $\text{len}(s) - 1$.
 - Permite el acceso eficiente a cada uno de sus elementos mediante indexación $s[i]$, siendo i el índice del elemento.
 - Se le puede calcular su longitud (la cantidad de elementos que contiene) mediante la función `len`.
- ▶ Las secuencias se dividen en:
 - **Inmutables**: cadenas (`str`), tuplas (`tuple`) y rangos (`range`).
 - **Mutables**: listas (`list`)

2.2. Operaciones comunes

Operaciones comunes

- ▶ Todas las secuencias (ya sean cadenas, listas, tuplas o rangos) comparten un conjunto de **operaciones comunes**.
- ▶ Los rangos son una excepción, ya que sus elementos se crean a partir de una fórmula y, por eso, no admiten ni la concatenación ni la repetición.
- ▶ La siguiente tabla recoge las operaciones comunes sobre secuencias, ordenadas por prioridad ascendente. \underline{s} y \underline{t} son secuencias del mismo tipo, \underline{n} , \underline{i} , \underline{j} y \underline{k} son enteros y \underline{x} es un dato cualquiera que cumple con las restricciones que impone \underline{s} .

Operación	Resultado
<code>x in s</code>	<code>True</code> si algún elemento de <u>s</u> es igual a <u>x</u>
<code>x not in s</code>	<code>False</code> si algún elemento de <u>s</u> es igual a <u>x</u>
<code>s + t</code>	La concatenación de <u>s</u> y <u>t</u> (no va con rangos)
<code>s * n</code> <code>n * s</code>	(Repetición) Equivale a concatenar <u>s</u> consigo misma <u>n</u> veces (no va con rangos)
<code>s[i]</code>	El <u>i</u> -ésimo elemento de <u>s</u> , empezando por 0
<code>s[i:j]</code>	Rodaja de <u>s</u> desde <u>i</u> hasta <u>j</u>
<code>s[i:j:k]</code>	Rodaja de <u>s</u> desde <u>i</u> hasta <u>j</u> con paso <u>k</u>
<code>len(s)</code>	Longitud de <u>s</u>
<code>min(s)</code>	El elemento más pequeño de <u>s</u>
<code>max(s)</code>	El elemento más grande de <u>s</u>
<code>s.index(x[, i[, j]])</code>	El índice de la primera aparición de <u>x</u> en <u>s</u> (desde el índice <u>i</u> inclusive y antes del <u>j</u>)
<code>s.count(x)</code>	Número total de apariciones de <u>x</u> en <u>s</u>

- ▶ Además de estas operaciones, las secuencias admiten **comparaciones** con los operadores `==`, `!=`, `<`, `<=`, `>` y `>=`.
- ▶ Dos secuencias `s` y `t` son iguales (`s == t`) si:
 - Son del mismo tipo (`type(s) == type(t)`).
 - Tienen la misma longitud (`len(s) == len(t)`).
 - Contienen los mismos elementos en el mismo orden (`s[0] == t[0]`, `s[1] == t[1]`, etcétera).
- ▶ Por supuesto, las dos secuencias son distintas (`s != t`) si no son iguales.
- ▶ Se pueden comparar dos secuencias con los operadores `<`, `<=`, `>` y `>=` para comprobar si una es menor (o igual) o mayor (o igual) que la otra si:
 - Son del mismo tipo (si no son del mismo tipo, lanza una excepción).
 - No son rangos.

- ▶ Las comparaciones $<$, $<=$, $>$ y $>=$ se hacen lexicográficamente elemento a elemento, como en un diccionario.
- ▶ Por ejemplo, `'adios' < 'hola'` porque `adios` aparece antes que `hola` en el diccionario.
- ▶ Con el resto de las secuencias se actúa igual que con las cadenas.

Dadas dos secuencias \underline{s} y \underline{t} , para ver si $\underline{s} < \underline{t}$ se procede así:

- Se empieza comparando el primer elemento de \underline{s} con el primero de \underline{t} .
 - Si son iguales, se pasa al siguiente hasta encontrar algún elemento de \underline{s} que sea distinto a su correspondiente de \underline{t} .
 - Si llegamos al final de \underline{s} sin haber encontrado ningún elemento distinto a su correspondiente en \underline{t} , es porque $\underline{s} == \underline{t}$.
 - En cuanto se encuentre un elemento de \underline{s} que no es igual a su correspondiente de \underline{t} , se comparan esos elementos y se devuelve el resultado de esa comparación.
- ▶ Los rangos no se pueden comparar con $<$, $<=$, $>$ o $>=$.

► Ejemplos:

```
>>> (1, 2, 3) == (1, 2, 3)
True
>>> (1, 2, 3) != (1, 2, 3)
False
>>> (1, 2, 3) == (3, 2, 1)
False
>>> (1, 2, 3) < (3, 2, 1)
True
>>> (1, 2, 3) < (1, 2, 4)
True
>>> (1, 2, 3) < (1, 2, 4, 5)
True
>>> 'hola' < 'adios'
False
>>> range(0, 3) < range(3, 6)
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
TypeError: '<' not supported between instances of 'range' and 'range'
```

2.3. Inmutables

2.3.1 Cadenas (`str`)

2.3.2 Tuplas

2.3.3 Rangos

Cadenas (str)

- ▶ Las **cadenas** son secuencias inmutables y *hashables* de caracteres.
- ▶ No olvidemos que en Python no existe el tipo *carácter*. En Python, un carácter es una cadena de longitud 1.
- ▶ Las cadenas literales se pueden crear:
 - Con comillas simples (') o dobles ("):

```
>>> 'hola'
'hola'
>>> "hola"
'hola'
```

- Con triples comillas (''' o """):

```
>>> """hola
... qué tal"""
'hola\nqué tal'
```

- ▶ Las cadenas implementan todas las operaciones de las secuencias, además de los métodos que se pueden consultar en <https://docs.python.org/3/library/stdtypes.html#string-methods>

Formateado de cadenas

- ▶ Una **cadena formateada** (también llamada ***f-string***) es una cadena literal que lleva un prefijo **f** o **F**.
- ▶ Estas cadenas contienen **campos de sustitución**, que son expresiones encerradas entre llaves.
- ▶ En realidad, las cadenas formateadas son expresiones evaluadas en tiempo de ejecución.

► Sintaxis:

```
⟨f_string⟩ ::= (⟨carácter_literal⟩ | { { | } } | ⟨sustitución⟩)*  
⟨sustitución⟩ ::= { ⟨expresión⟩ [!⟨conversión⟩] [:⟨especif⟩] }  
⟨conversión⟩ ::= s | r | a  
⟨especif⟩ ::= (⟨carácter_literal⟩ | NULL | ⟨sustitución⟩)*  
⟨carácter_literal⟩ ::= ⟨cualquier carácter Unicode excepto {, } o NULL⟩
```

- Las partes de la cadena que van fuera de las llaves se tratan literalmente, excepto las dobles llaves { { y } }, que son sustituidas por una sola llave.
- Una { marca el comienzo de un **campo de sustitución** (⟨sustitución⟩), que empieza con una expresión.
- Tras la expresión puede venir un **conversión** (⟨conversión⟩), introducida por una exclamación !.
- También puede añadirse un **especificador de formato** (⟨especif⟩) después de dos puntos :.
- El campo de sustitución termina con una }.

- ▶ Las expresiones en un literal de cadena formateada son tratadas como cualquier otra expresión Python encerrada entre paréntesis, con algunas excepciones:
 - No se permiten expresiones vacías.
 - Las expresiones lambda deben ir entre paréntesis.
- ▶ Los campos de sustitución pueden contener saltos de línea pero no comentarios.
- ▶ Si se indica una conversión, el resultado de evaluar la expresión se convierte antes de aplicar el formateado.

La conversión `!s` llama a la función `str` sobre el resultado, `!r` llama a `repr` y `!a` llama a `ascii`.

- ▶ A continuación, el resultado es formateado usando la función `format`.
- ▶ Finalmente, el resultado del formateado es incluido en el valor final de la cadena completa.

- La sintaxis general de un especificador de formato es:

```

<especif> ::= [[<relleno>]<alig>][<signo>][#][0][<ancho>][<grupos>][.<precision>][<tipo>]
<relleno> ::= <cualquier carácter>
<alig> ::= < > | = | ^
<signo> ::= + | - | <espacio>
<ancho> ::= <dígito>+
<grupos> ::= _ | ,
<precision> ::= <dígito>+
<tipo> ::= b | c | d | e | E | f | F | g | G | n | o | s | x | X | %

```

- Los especificadores de formato de nivel superior pueden incluir campos de sustitución anidados.
- Estos campos anidados pueden incluir, a su vez, sus propios campos de conversión y sus propios especificadores de formato, pero no pueden incluir más campos de sustitución anidados.
- Para más información, consultar <https://docs.python.org/3.7/library/string.html#format-specification-mini-language>

► Algunos ejemplos de cadenas formateadas:

```
>>> nombre = "Fred"
>>> f"Dice que su nombre es {nombre!r}."
"Dice que su nombre es 'Fred'."
>>> f"Dice que su nombre es {repr(nombre)})." # repr es equivalente a !r
"Dice que su nombre es 'Fred'."
>>> ancho = 10
>>> precision = 4
>>> value = decimal.Decimal("12.34567")
>>> f"result: {value:{ancho}.{precision}}" # campos anidados
'result:      12.35'
>>> import datetime
>>> hoy = datetime.datetime(year=2017, month=1, day=27)
>>> f"{hoy:%B %d, %Y}" # usando especificador de formato de fecha
'January 27, 2017'
>>> numero = 1024
>>> f"{numero:#0x}" # usando especificador de formato de enteros
'0x400'
```

Expresiones regulares

- ▶ Las **expresiones regulares** (también llamados *regex*) constituyen un pequeño lenguaje muy especializado incrustado dentro de Python y disponible a través del módulo `re`.
- ▶ Usando este pequeño lenguaje es posible especificar **reglas sintácticas** de una forma distinta pero parecida a las *gramáticas EBNF* (aunque con menos poder expresivo).
- ▶ Esas reglas sintácticas se pueden usar luego para **comprobar si una cadena se ajusta a un patrón**.
- ▶ Este patrón puede ser frases en español, o direcciones de correo electrónico o cualquier otra cosa.
- ▶ A continuación, se pueden hacer preguntas del tipo: «¿Esta cadena se ajusta al patrón?» o «¿Hay algo que se ajuste al patrón en alguna parte de esta cadena?».
- ▶ También se pueden usar las *regexes* para **modificar** una cadena o **dividirla en partes** según el patrón indicado.

- ▶ El lenguaje de las expresiones regulares es relativamente pequeño y restringido, por lo que no es posible usarlo para realizar cualquier tipo de procesamiento de cadenas.
- ▶ Además, hay procesamientos que se pueden realizar con *regexes* pero las expresiones que resultan se vuelven muy complicadas.
- ▶ En estos casos, es mejor escribir directamente código Python ya que, aunque el código resultante pueda resultar más lento, probablemente resulte más fácil de leer.

- ▶ Para más información sobre cómo crear y usar expresiones regulares, consultar:
 - Tutorial de introducción en <https://docs.python.org/3/howto/regex.html>
 - Documentación del módulo `re` en <https://docs.python.org/3/library/re.html>

Tuplas

- ▶ Las **tuplas** (`tuple`) son secuencias inmutables, usadas frecuentemente para representar colecciones de datos heterogéneos (de tipos distintos).
- ▶ También se usan en aquellos casos en los que se necesita una secuencia inmutable de datos homogéneos (por ejemplo, para almacenar datos en un conjunto o un diccionario).
- ▶ Las tuplas se pueden crear así:

- Si es una tupla vacía, con paréntesis vacíos: `()`
- Si sólo tiene un elemento, se pone una coma detrás:

`a,`

`(a,)`

- Si tiene más de un elemento, se separan con comas:

`a, b, c`

`(a, b, c)`

- Usando la función `tuple`.

- ▶ Observar que lo que construye la tupla es realmente la coma, no los paréntesis.
- ▶ Los paréntesis son opcionales, excepto en dos casos:
 - La tupla vacía: `()`
 - Cuando son necesarios para evitar ambigüedad.

Por ejemplo, `f(a, b, c)` es una llamada a una función con tres argumentos, mientras que `f((a, b, c))` es una llamada a una función con un único argumento que es una tupla de tres elementos.
- ▶ Las tuplas implementan todas las operaciones comunes de las secuencias.
- ▶ En general, las tuplas se pueden considerar como la versión inmutable de las listas.
- ▶ Además, las tuplas son *hashables* si sus elementos también lo son.

Rangos

- ▶ Los **rangos** (`range`) representan secuencias inmutables y *hashables* de números enteros y se usan frecuentemente para hacer bucles que se repitan un determinado número de veces.
- ▶ Los rangos se crean con la función `range`:

```
range([start: int,] stop: int [, step: int]) -> range
```

- ▶ Cuando se omite *start*, se entiende que es `0`.
- ▶ Cuando se omite *step*, se entiende que es `1`.
- ▶ El valor de *stop* no se alcanza nunca.
- ▶ Cuando *start* y *stop* son iguales, representa el *rango vacío*.
- ▶ *step* debe ser siempre distinto de cero.
- ▶ Cuando *start* es mayor que *stop*, el valor de *step* debería ser negativo. En caso contrario, también representaría el rango vacío.

- ▶ El **contenido** de un rango r vendrá determinado por la fórmula:

$$r[i] = start + step \cdot i$$

donde $i \geq 0$. Además:

- Si $step > 0$, se impone también la restricción $r[i] < stop$.
- Si $step < 0$, se impone también la restricción $r[i] > stop$.
- ▶ Un rango es **vacío** cuando $r[0]$ no satisface las restricciones anteriores.
- ▶ Los rangos admiten **índices negativos**, pero se interpretan como si se indexara desde el final de la secuencia usando índices positivos.
- ▶ Los rangos implementan **todas las operaciones de las secuencias, excepto la concatenación y la repetición**.

Esto es debido a que los rangos sólo pueden representar secuencias que siguen un patrón muy estricto, y las repeticiones y las concatenaciones a menudo violan ese patrón.

- ▶ **Los rangos son perezosos** y además ocupan mucha menos memoria que las listas o las tuplas (sólo hay que almacenar $start$, $stop$ y $step$).

- La **forma normal** de un rango es una expresión en la que se llama a la función `range` con los argumentos necesarios para construir el rango:

```
>>> range(10)
range(0, 10)
>>> range(0, 10)
range(0, 10)
>>> range(0, 10, 1)
range(0, 10)
```

```
>>> range(0, 30, 5)
range(0, 30, 5)
>>> range(0, -10, -1)
range(0, -10, -1)
>>> range(4, -5, -2)
range(4, -5, -2)
```

- Para ver con claridad todos los elementos de un rango, podemos convertirlo en una tupla o una lista. Por ejemplo:

```
>>> list(range(10))
[0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]
>>> list(range(1, 11))
[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]
>>> list(range(0, 30, 5))
[0, 5, 10, 15, 20, 25]
>>> list(range(0, 10, 3))
[0, 3, 6, 9]
>>> list(range(0, -10, -1))
[0, -1, -2, -3, -4, -5, -6, -7, -8, -9]
>>> list(range(0))
[]
>>> list(range(1, 0))
[]
```

- ▶ Dos rangos son considerados **iguales** si representan la misma secuencia de valores, sin importar si tienen distintos valores de *inicio*, *fin* o *paso*.
- ▶ Por ejemplo:

```
>>> range(20) == range(0, 20)
True
>>> range(0, 20) == range(0, 20, 2)
False
>>> range(0, 3, 2) == range(0, 4, 2)
True
>>> range(0) == range(2, 1, 3)
True
```

- El **rango vacío** es un valor que no tiene expresión canónica, ya que cualquiera de las siguientes expresiones representan al rango vacío tan bien como cualquier otra:
 - `range(0)`.
 - `range(a, a)`, donde a es cualquier entero.
 - `range(a, b, c)`, donde $a \geq b$ y $c > 0$.
 - `range(a, b, c)`, donde $a \leq b$ y $c < 0$.

```
>>> range(3, 3) == range(4, 4)
True
>>> range(4, 3) == range(3, 4, -1)
True
```

2.4. Mutables

2.4.1 Listas

2.4.2 Operaciones mutadoras

Listas

- ▶ Las **listas** son secuencias *mutables*, usadas frecuentemente para representar colecciones de elementos heterogéneos.
- ▶ Al ser mutables, las listas **no** son *hashables*.
- ▶ Se pueden construir de varias maneras:
 - Usando corchetes vacíos para representar la lista vacía: `[]`.
 - Usando corchetes y separando los elementos con comas:
`[a]`
`[a, b, c]`
 - Usando la función `list` con las sintaxis `list()` o `list(<iterable>)`.

- ▶ La función `list` construye una lista cuyos elementos son los mismos (y están en el mismo orden) que los elementos de `<iterable>`.
- ▶ `<iterable>` puede ser:
 - una secuencia,
 - un contenedor sobre el que se pueda iterar, o
 - un iterador.
- ▶ Si se llama sin argumentos, devuelve una lista vacía.
- ▶ Por ejemplo:

```
>>> list('abc')  
['a', 'b', 'c']  
>>> list((1, 2, 3))  
[1, 2, 3]
```

Listas por comprensión

- También se pueden crear **listas por comprensión** usando la misma sintaxis de las **expresiones generadoras** pero encerrando la expresión entre corchetes en lugar de entre paréntesis:

```
>>> [x ** 2 for x in [1, 2, 3]]  
[1, 4, 9]
```

- Como se ve, el resultado es directamente una lista, no un iterador.
- Por tanto, a diferencia de lo que pasa con las expresiones generadoras, **el resultado de una lista por comprensión no es perezoso**, cosa que habrá que tener en cuenta para evitar consumir más memoria de la necesaria o generar elementos que al final no sean necesarios.

- Por ejemplo, la siguiente expresión generadora:

```
res_gen = (x ** 2 for x in range(0, 10000000000000))
```

es mucho más eficiente en tiempo y espacio que la lista por comprensión:

```
res_list = [x ** 2 for x in range(0, 10000000000000)]
```

ya que la expresión generadora devuelve un **iterador** que irá generando los valores de uno en uno a medida que los vayamos recorriendo con `next(res_gen)`.

En cambio, la lista por comprensión genera todos los valores de la lista a la vez y los almacena todos juntos en la memoria.

- A cambio, la ventaja de tener una lista frente a tener un iterador es que podemos acceder directamente a cualquier elemento de la lista mediante la indexación.

Operaciones mutadoras

- En la siguiente tabla, \underline{s} es una instancia de un tipo de secuencia mutable (por ejemplo, una lista), \underline{t} es cualquier dato iterable y \underline{x} es un dato cualquiera que cumple con las restricciones que impone \underline{s} :

Operación	Resultado
$s[i] = x$	El elemento i -ésimo de \underline{s} se sustituye por \underline{x}
$s[i:j] = t$	La rodaja de \underline{s} desde i hasta j se sustituye por \underline{t}
$s[i:j:k] = t$	Los elementos de $s[i:j:k]$ se sustituyen por \underline{t}
<code>del s[i]</code>	Elimina el elemento i -ésimo de \underline{s}
<code>del s[i:j]</code>	Elimina los elementos de $s[i:j]$ Equivale a hacer $s[i:j] = []$
<code>del s[i:j:k]</code>	Elimina los elementos de $s[i:j:k]$

Operación	Resultado
<code>s.append(x)</code>	Añade <u>x</u> al final de <u>s</u> ; es igual que <code>s[len(s):len(s)] = [x]</code>
<code>s.clear()</code>	Elimina todos los elementos de <u>s</u> ; es igual que <code>del s[:]</code>
<code>s.copy()</code>	Crea una copia <i>superficial</i> de <u>s</u> ; es igual que <code>s[:]</code>
<code>s.extend(t)</code> <code>s += t</code>	Extiende <u>s</u> con el contenido de <u>t</u> ; es igual que <code>s[len(s):len(s)] = t</code>
<code>s *= n</code>	Modifica <u>s</u> repitiendo su contenido <u>n</u> veces
<code>s.insert(i, x)</code>	Inserta <u>x</u> en <u>s</u> en el índice <u>i</u> ; es igual que <code>s[i:i] = [x]</code>
<code>s.pop([i])</code>	Extrae el elemento <u>i</u> de <u>s</u> y lo devuelve (por defecto, <u>i</u> vale <code>-1</code>)
<code>s.remove(x)</code>	Quita el primer elemento de <u>s</u> que sea igual a <u>x</u>
<code>s.reverse()</code>	Invierte los elementos de <u>s</u>
<code>s.sort()</code>	Ordena los elementos de <u>s</u>

- El método `sort` permite ordenar los elementos de la secuencia de forma ascendente o descendente:

```
>>> x = [3, 6, 2, 9, 1, 4]
>>> x.sort()
>>> x
[1, 2, 3, 4, 6, 9]
>>> x.sort(reverse=True)
>>> x
[9, 6, 4, 3, 2, 1]
```

3. Estructuras no secuenciales

3.1 Conjuntos (`set` y `frozenset`)

3.2 Diccionarios (`dict`)

3.1. Conjuntos (set y frozenset)

3.1.1 Operaciones

3.1.2 Operaciones sobre conjuntos mutables

Conjuntos (set y frozenset)

- ▶ Un conjunto es una colección **no ordenada** de elementos *hashables*.
- ▶ Se usan frecuentemente para comprobar si un elemento pertenece a un grupo, para eliminar duplicados en una secuencia y para realizar operaciones matemáticas como la *unión*, la *intersección* y la *diferencia simétrica*.
- ▶ Como cualquier otra colección, los conjuntos permiten el uso de:
 - `x in c`
 - `len(c)`
 - `for x in c`
- ▶ Como son colecciones no ordenadas, los conjuntos **no almacenan la posición** de los elementos o el **orden** en el que se insertaron.
- ▶ Por tanto, tampoco admiten la indexación, las rodajas ni cualquier otro comportamiento propio de las secuencias.

- ▶ Cuando decimos que **un conjunto no está ordenado**, queremos decir que los elementos que contiene no se encuentran situados en una posición concreta.
 - Es lo contrario de lo que ocurre con las secuencias, donde cada elemento se encuentra en una posición indicada por su *índice* y podemos acceder a él usando la indexación.
- ▶ Además, en un conjunto **no puede haber elementos repetidos** (un elemento concreto sólo puede estar *una* vez dentro de un conjunto, es decir, o está una vez o no está).
- ▶ En resumen:

En un conjunto:

Un elemento concreto, o está una vez, o no está.

Si está, no podemos saber en qué posición (no tiene sentido preguntárselo).

- ▶ Existen dos tipos predefinidos de conjuntos: `set` y `frozenset`.
- ▶ El tipo `set` es **mutable**, es decir, que su contenido puede cambiar usando métodos como `add` y `remove`.
 - Como es mutable, **no es hashable** y, por tanto, no puede usarse como clave de un diccionario o como elemento de otro conjunto.
- ▶ El tipo `frozenset` es **immutable** y *hashable*. Por tanto, su contenido no se puede cambiar una vez creado y puede usarse como clave de un diccionario o como elemento de otro conjunto.

- ▶ Los dos tipos de conjuntos se crean con las funciones `set([<iterable>])` y `frozenset([<iterable>])`.
 - Si se llaman *sin argumentos*, devuelven un conjunto **vacío**:
 - `set()` devuelve un conjunto vacío de tipo `set`.
 - `frozenset()` devuelve un conjunto vacío de tipo `frozenset`.

```
>>> set()
set()
>>> frozenset()
frozenset()
```

Como se ve, esas son, precisamente, las **formas normales** de un conjunto vacío de tipo `set` y `frozenset`.

- Si se les pasa un *iterable* (como por ejemplo, una lista), devuelve un conjunto formado por los elementos del iterable:

```
>>> set([4, 3, 2, 2, 4])
{2, 3, 4}
>>> frozenset([4, 3, 2, 2, 4])
frozenset({2, 3, 4})
```

- Además, existe una *sintaxis especial* para escribir **literales de conjuntos no vacíos de tipo set**, que consiste en encerrar sus elementos entre llaves y separados por comas: `{'pepe', 'juan'}`.

```
>>> x = {'pepe', 'juan'} # un literal de tipo set, como set(['pepe', 'juan'])
>>> x
{'pepe', 'juan'}
>>> type(x)
<class 'set'>
```

Esa es, precisamente, la **forma normal** de un conjunto no vacío y, por tanto, la que se usa cuando se visualiza desde el intérprete o se imprime con `print`.

- Por tanto, para crear conjuntos congelados usando `frozenset` podemos usar esa sintaxis en lugar de usar listas como hicimos antes:

```
>>> frozenset({4, 3, 2, 2, 4})
frozenset({2, 3, 4})
```

- También podría usarse con la función `set`, pero sería innecesario y no tendría sentido, ya que devolvería el mismo conjunto:

```
>>> set({4, 3, 2, 2, 4}) # equivale a poner simplemente {4, 3, 2, 2, 4}
{2, 3, 4}
```

Conjuntos por comprensión

- También se pueden crear **conjuntos por comprensión** usando la misma sintaxis de las **expresiones generadoras** pero encerrando la expresión entre llaves en lugar de entre paréntesis:

```
>>> {x ** 2 for x in [1, 2, 3]}  
{1, 4, 9}
```

- El resultado es directamente un valor de tipo `set`, no un iterador.

Operaciones

- \underline{s} y \underline{o} son conjuntos, y \underline{x} es un valor cualquiera:

Operación	Resultado
<code>len(s)</code>	Número de elementos de \underline{s} (su cardinalidad)
<code>x in s</code>	<code>True</code> si \underline{x} pertenece a \underline{s}
<code>x not in s</code>	<code>True</code> si \underline{x} no pertenece a \underline{s}
<code>s.isdisjoint(o)</code>	<code>True</code> si \underline{s} no tiene ningún elemento en común con \underline{o}
<code>s.issubset(o)</code>	<code>True</code> si \underline{s} es un subconjunto de \underline{o}
<code>s <= o</code>	
<code>s < o</code>	<code>True</code> si \underline{s} es un subconjunto propio de \underline{o}
<code>s.issuperset(o)</code>	<code>True</code> si \underline{s} es un superconjunto de \underline{o}
<code>s >= o</code>	
<code>s > o</code>	<code>True</code> si \underline{s} es un superconjunto propio de \underline{o}

Operación	Resultado
<code>s.union(o)</code> <code>s o</code>	Unión de \underline{s} y \underline{o} ($s \cup o$)
<code>s.intersection(o)</code> <code>s & o</code>	Intersección de \underline{s} y \underline{o} ($s \cap o$)
<code>s.difference(o)</code> <code>s - o</code>	Diferencia de \underline{s} y \underline{o} ($s \setminus o$)
<code>s.symmetric_difference(o)</code> <code>s ^ o</code>	Diferencia simétrica de \underline{s} y \underline{o} ($s \Delta o$)
<code>s.copy()</code>	Devuelve una copia superficial de \underline{s}

- ▶ Tanto `set` como `frozenset` admiten **comparaciones entre conjuntos**.
- ▶ Suponiendo que `a` y `b` son conjuntos:
 - `a == b` si y sólo si cada elemento de `a` pertenece también a `b`, y viceversa; es decir, si cada uno es un subconjunto del otro.
 - `a <= b` si y sólo si `a` es un *subconjunto* de `b` (es decir, si cada elemento de `a` está también en `b`).
 - `a < b` si y sólo si `a` es un *subconjunto propio* de `b` (es decir, si `a` es un subconjunto de `b`, pero no es igual a `b`).
 - `a >= b` si y sólo si `a` es un *superconjunto* de `b` (es decir, si cada elemento de `b` está también en `a`).
 - `a > b` si y sólo si `a` es un *superconjunto propio* de `b` (es decir, si `a` es un superconjunto de `b`, pero no es igual a `b`).

Operaciones sobre conjuntos mutables

- Estas tablas sólo se aplica a conjuntos mutables (o sea, al tipo `set` y no al `frozenset`):

Operación	Resultado
<code>s.update(o)</code> <code>s = o</code>	Actualiza <u>s</u> añadiendo los elementos de <u>o</u>
<code>s.intersection_update(o)</code> <code>s &= o</code>	Actualiza <u>s</u> manteniendo sólo los elementos que están en <u>s</u> y <u>o</u>
<code>s.difference_update(o)</code> <code>s -= o</code>	Actualiza <u>s</u> eliminando los elementos que están en <u>o</u>
<code>s.symmetric_difference_update(o)</code> <code>s ^= o</code>	Actualiza <u>s</u> manteniendo sólo los elementos que están en <u>s</u> y <u>o</u> pero no en ambos

Operación	Resultado
<code>s.add(x)</code>	Añade <u>x</u> a <u>s</u>
<code>s.remove(x)</code>	Elimina <u>x</u> de <u>s</u> (produce <code>KeyError</code> si <u>x</u> no está en <u>s</u>)
<code>s.discard(x)</code>	Elimina <u>x</u> de <u>s</u> si está en <u>s</u>
<code>s.pop()</code>	Elimina y devuelve un valor cualquiera de <u>s</u> (produce <code>KeyError</code> si <u>s</u> está vacío)
<code>s.clear()</code>	Elimina todos los elementos de <u>s</u>

3.2. Diccionarios (`dict`)

3.2.1 Operaciones

3.2.2 Recorrido de diccionarios

Diccionarios (dict)

- ▶ Un **diccionario** es una colección que almacena *correspondencias* (o *asociaciones*) entre valores.
- ▶ Por tanto, **los elementos de un diccionario son parejas de valores llamados *clave* y *valor***, y lo que hace el diccionario es almacenar las *claves* y el *valor* que le corresponde a cada clave.
- ▶ Una restricción importante es que, en un diccionario dado, **cada clave sólo puede asociarse con un único valor**.
- ▶ Por tanto, **en un diccionario no puede haber claves repetidas**, es decir, que no puede haber dos elementos distintos con la misma clave.
- ▶ En la práctica, eso nos sirve para identificar cada elemento del diccionario por su clave.
- ▶ Además, los elementos de un diccionario son datos mutables y, por tanto, los diccionarios también son **mutables**.

► Los diccionarios se pueden crear:

- Encerrando entre llaves una lista de parejas `<clave>: <valor>` separadas por comas: `{'juan': 4098, 'pepe': 4127}`

Esa es precisamente la **forma normal** de un diccionario y, por tanto, la que se usa cuando se visualiza desde el intérprete o se imprime con `print`.

- Usando la función `dict`.

► Por ejemplo:

```
>>> a = {'uno': 1, 'dos': 2, 'tres': 3}           # literal
>>> b = dict(uno=1, dos=2, tres=3)               # argumentos con nombre
>>> c = dict([('dos', 2), ('uno', 1), ('tres', 3)]) # lista de tuplas
>>> d = dict({'tres': 3, 'uno': 1, 'dos': 2})      # innecesario
>>> e = dict(zip(['uno', 'dos', 'tres'], [1, 2, 3])) # con dos iterables
>>> a == b and b == c and c == d and d == e      # todos son iguales
True
```

- Si se intenta crear un diccionario con claves repetidas, sólo se almacenará uno de los elementos que tengan la misma clave (los demás se ignoran):

```
>>> a = {'perro': 'dog', 'gato': 'cat', 'perro': 'doggy'}  
>>> a  
{'perro': 'doggy', 'gato': 'cat'}
```

Como se ve, la clave `'perro'` está repetida y, por tanto, sólo se almacena uno de los dos elementos con clave repetida, que siempre es el último que aparece en el diccionario. En este caso, se almacena el elemento `'perro': 'doggy'` y se ignora el `'perro': 'dog'`.

- ▶ En cuanto al **orden** en el que aparecen los elementos dentro de un diccionario:
 - Antes de la versión 3.7 de Python, el orden de los elementos no estaba determinado, por lo que podrían aparecer en cualquier orden.
 - A partir de la versión 3.7, se decidió que los elementos se almacenarían en el orden de inserción.
- ▶ Por tanto:

Importante:

A partir de Python 3.7, **los elementos de un diccionario se almacenan en el orden en el que se van insertando.**

- ▶ Las claves de un diccionario deben ser datos *hashables*.
- ▶ Por tanto, no se pueden usar como clave una lista, un diccionario, un conjunto `set` o cualquier otro tipo mutable.
- ▶ Los tipos numéricos que se usen como claves obedecen las reglas normales de comparación numérica.
 - Por tanto, si dos números son considerados iguales (como `1` y `1.0`) entonces se consideran la misma clave en el diccionario.

- ▶ Para **acceder a un elemento** del diccionario se usa una sintaxis idéntica a la de la **indexación**, salvo que, en este caso, en lugar de usar el índice o posición del elemento, se usa la clave:

```
>>> a = {'perro': 'dog', 'gato': 'cat'}  
>>> a['perro']  
'dog'
```

- ▶ Si se intenta acceder a un elemento usando una clave que no existe, se lanza una excepción de tipo **KeyError**:

```
>>> a['caballo']  
Traceback (most recent call last):  
File "<stdin>", line 1, in <module>  
KeyError: 'caballo'
```

Operaciones

- d y o son diccionarios, c es una clave válida y v es un valor cualquiera:

Operación	Resultado
<code>d[c] = v</code>	Asigna a <code>d[c]</code> el valor <code>v</code>
<code>del d[c]</code>	Elimina <code>d[c]</code> de <code>d</code> (produce <code>KeyError</code> si <code>c</code> no está en <code>d</code>)
<code>c in d</code>	<code>True</code> si <code>d</code> contiene una clave <code>c</code>
<code>c not in d</code>	<code>True</code> si <code>d</code> no contiene una clave <code>c</code>
<code>d.clear()</code>	Elimina todos los elementos de <code>d</code>
<code>d.copy()</code>	Devuelve una copia superficial de <code>d</code>
<code>d.get(c, def)</code>	Devuelve el valor de <code>c</code> si <code>c</code> está en <code>d</code> ; en caso contrario, devuelve <code>def</code> (por defecto, <code>def</code> vale <code>None</code>)
<code>d.pop(c, def)</code>	Elimina y devuelve el valor de <code>c</code> si <code>c</code> está en <code>d</code> ; en caso contrario, devuelve <code>def</code> (si no se pasa <code>def</code> y <code>c</code> no está en <code>d</code> , produce un <code>KeyError</code>)

Operación	Resultado
<code>d.popitem()</code>	Elimina y devuelve una pareja (<i>clave</i> , <i>valor</i>) del diccionario siguiendo un orden LIFO (produce un <code>KeyError</code> si <u><i>d</i></u> está vacío)
<code>d.setdefault(c[, def])</code>	Si <u><i>c</i></u> está en <u><i>d</i></u> , devuelve su valor; si no, inserta <u><i>c</i></u> en <u><i>d</i></u> con el valor <u><i>def</i></u> y devuelve <u><i>def</i></u> (por defecto, <u><i>def</i></u> vale <code>None</code>)
<code>d.update(o)</code>	Actualiza <u><i>d</i></u> con las parejas (<i>clave</i> , <i>valor</i>) de <u><i>o</i></u> , sobrescribiendo las claves ya existentes, y devuelve <code>None</code>

Recorrido de diccionarios

- ▶ Como cualquier otro dato iterable, los diccionarios se pueden recorrer usando iteradores.
- ▶ Los iteradores creados sobre un diccionario, en realidad, recorren sus **claves**:

```
>>> d
{'a': 1, 'b': 2}
>>> it = iter(d)
>>> next(it)
'a'
>>> next(it)
'b'
```

- ▶ Lo mismo ocurre con un bucle **for**:

```
>>> for k in d:
...     print(k)
...
a
b
```

- Si necesitamos acceder también a los valores de un diccionario mientras lo recorremos con un bucle **for**, tenemos dos opciones:
 - Acceder al valor a partir de la clave usando **indexación**:

```
>>> for k in d:  
...     print(k, d[k])  
...  
a 1  
b 2
```

- Usar el método **items** sobre el diccionario, que devuelve una lista de tuplas (**<clave>**, **<valor>**), combinándolo con el **desempaquetado de tuplas**:

```
>>> d.items()  
dict_items([('a', 1), ('b', 2)])  
>>> for k, v in d.items():  
...     print(k, v)  
...  
a 1  
b 2
```

- ▶ Otros métodos útiles para recorrer un diccionario son **keys** y **values**.
- ▶ **keys** devuelve un **iterador** que recorre las **claves** del diccionario sobre el que se invoca:
- ▶ **values** devuelve un **iterador** que recorre los **valores** del diccionario sobre el que se invoca:

```
>>> d.keys()
dict_keys(['a', 'b'])
>>> for k in d.keys():
...     print(k)
...
a
b
```

```
>>> d.values()
dict_values([1, 2])
>>> for v in d.values():
...     print(v)
...
1
2
```

- ▶ En la práctica, no resulta muy útil usar **keys**, ya que se puede hacer lo mismo recorriendo directamente el propio diccionario, como ya sabemos:

```
>>> for k in d:
...     print(k)
...
a
b
```

4. Bibliografía

Bibliografía

Python Software Foundation. n.d. "Sitio Web de Documentación de Python."
<https://docs.python.org/3>.