

Tarea 02 Data Management

Master of Data Science

Profesor: Miguel Romero

25-06-2022

Contents

Antecedentes	1
Parte 1	2
Parte 2	8

Antecedentes

Alumnos

- Leonardo Rojas
- Juan Pablo Espinoza
- Sebastian Vera

Parte 1

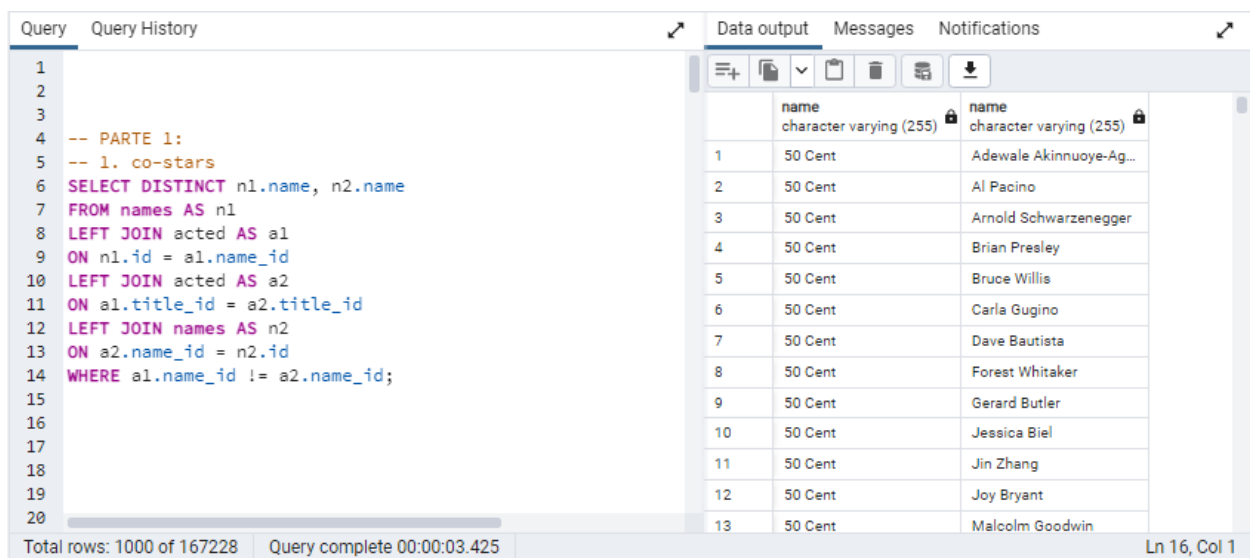
1. Co-stars

A continuación se muestra la query necesaria para construir una tabla de co-starts, parejas de actores que han actuado en una misma película:

```
-- 1. co-stars
SELECT DISTINCT n1.name, n2.name
FROM names AS n1
LEFT JOIN acted AS a1
ON n1.id = a1.name_id
LEFT JOIN acted AS a2
ON a1.title_id = a2.title_id
LEFT JOIN names AS n2
ON a2.name_id = n2.id
WHERE a1.name_id != a2.name_id;
```

La lógica de esta es comenzar por la tabla de nombres de actores (**names**) y cruzar los datos de las películas en las cuales ha actuado (**acted**). A partir de id de la película que ha actuado, se vuelve a cruzar los datos de la tabla **acted** para obtener una pareja de id de actores que actuaron en la misma película. Finalmente se cruza la información de nombre del actor secundario para proyectar sobre los nombres del actor primario y secundario.

El resultado de esta consulta se muestra a continuación:



The screenshot shows a database query interface with a query editor on the left and a data output window on the right. The query editor contains the following SQL code:

```
1
2
3
4 -- PARTE 1:
5 -- 1. co-stars
6 SELECT DISTINCT n1.name, n2.name
7 FROM names AS n1
8 LEFT JOIN acted AS a1
9 ON n1.id = a1.name_id
10 LEFT JOIN acted AS a2
11 ON a1.title_id = a2.title_id
12 LEFT JOIN names AS n2
13 ON a2.name_id = n2.id
14 WHERE a1.name_id != a2.name_id;
15
16
17
18
19
20
```

The data output window displays the results of the query. It shows a table with two columns: 'name' (character varying (255)) and 'name' (character varying (255)). The results are as follows:

	name	name
1	50 Cent	Adewale Akinnuoye-Ag...
2	50 Cent	Al Pacino
3	50 Cent	Arnold Schwarzenegger
4	50 Cent	Brian Presley
5	50 Cent	Bruce Willis
6	50 Cent	Carla Gugino
7	50 Cent	Dave Bautista
8	50 Cent	Forest Whitaker
9	50 Cent	Gerard Butler
10	50 Cent	Jessica Biel
11	50 Cent	Jin Zhang
12	50 Cent	Joy Bryant
13	50 Cent	Malcolm Goodwin

The status bar at the bottom indicates: Total rows: 1000 of 167228, Query complete 00:00:03.425, Ln 16, Col 1.

Figure 1: Screen 1.1: Tabla co_star

Se genera una tabla con 167.228 parejas de actores que han actuado en una misma película.

2. Co-stars indirectos Kevin Bacon

Ahora construimos una consulta recursiva de co-stars indirectos del actor *Kevin Bacon*.

Para esto construimos una tabla temporal `co_star(name1, name2)` mediante la clausula `WITH` usando la lógica desarrollada en el punto (1).

Luego se genera una tabla recursiva a partir de `co_star` filtrando que el primer nombre sea *Kevin Bacon*, a esta tabla inicial se le une recursivamente la tabla de `co_star` cruzando por el co-star indirecto:

```
WITH RECURSIVE co_star(name1, name2) AS (  
    SELECT DISTINCT n1.name, n2.name  
    FROM names AS n1  
    LEFT JOIN acted AS a1  
    ON n1.id = a1.name_id  
    LEFT JOIN acted AS a2  
    ON a1.title_id = a2.title_id  
    LEFT JOIN names AS n2  
    ON a2.name_id = n2.id  
    WHERE a1.name_id != a2.name_id  
) ,  
indirect_co_star_bacon(name2) AS (  
    SELECT name2  
    FROM co_star  
    WHERE name1 = 'Kevin Bacon'  
    UNION  
    SELECT c2.name2  
    FROM indirect_co_star_bacon AS c1  
    LEFT JOIN co_star AS c2  
    ON c1.name2 = c2.name1  
) SELECT DISTINCT * FROM indirect_co_star_bacon;
```

Al ejecutar esta consulta obtenemos:

name2
character varying (255)
1 Kylli Köngäs
2 David Kross
3 Jean Topart
4 Scott Glenn
5 Davi Santos
6 Riccardo Zinna
7 Elina Löwensohn
8 Steffen Zacharias
9 Max Pomeranc
10 Aydemir Akbas
11 Brian Van Holt
12 Roger Jackson
13 Edith Scob
14 Xzibit

Total rows: 1000 of 18752 Query complete 00:00:02.444 Ln 31, Col 53

Figure 2: Screen 1.2: Co-star indirecto de Kevin Bacon

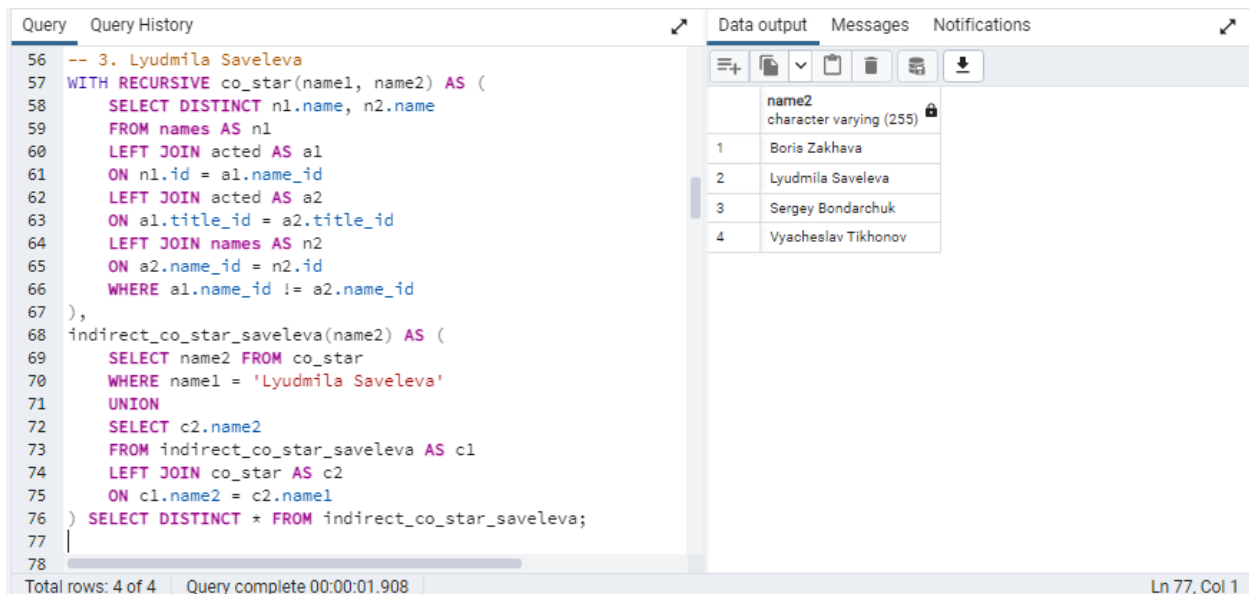
Se aprecia que se alcanzan un 18.752 actores mediante una cadena de co-stars indirectos.

3. Co-stars indirectos Lyudmila Saveleva

Repetimos el ejercicio de buscar una cadena de co-stars indirectos para la actriz Lyudmila Saveleva, rusa, conocida por ganar el Oscar en 1969 por la película Guerra y Paz (1965). Su historia es interesante, ya que al volver a Moscú, le quitaron el Oscar. La lógica de la query es similar al punto anterior:

```
WITH RECURSIVE co_star(name1, name2) AS (  
    SELECT DISTINCT n1.name, n2.name  
    FROM names AS n1  
    LEFT JOIN acted AS a1  
    ON n1.id = a1.name_id  
    LEFT JOIN acted AS a2  
    ON a1.title_id = a2.title_id  
    LEFT JOIN names AS n2  
    ON a2.name_id = n2.id  
    WHERE a1.name_id != a2.name_id  
) ,  
indirect_co_star_saveleva(name2) AS (  
    SELECT name2 FROM co_star  
    WHERE name1 = 'Lyudmila Saveleva'  
    UNION  
    SELECT c2.name2  
    FROM indirect_co_star_saveleva AS c1  
    LEFT JOIN co_star AS c2  
    ON c1.name2 = c2.name1  
) SELECT DISTINCT * FROM indirect_co_star_saveleva;
```

Al ejecutar esta consulta obtenemos:



The screenshot shows a database query editor with a query window on the left and a data output window on the right. The query is a recursive query designed to find indirect co-stars of Lyudmila Saveleva. The query is as follows:

```
-- 3. Lyudmila Saveleva  
WITH RECURSIVE co_star(name1, name2) AS (  
    SELECT DISTINCT n1.name, n2.name  
    FROM names AS n1  
    LEFT JOIN acted AS a1  
    ON n1.id = a1.name_id  
    LEFT JOIN acted AS a2  
    ON a1.title_id = a2.title_id  
    LEFT JOIN names AS n2  
    ON a2.name_id = n2.id  
    WHERE a1.name_id != a2.name_id  
) ,  
indirect_co_star_saveleva(name2) AS (  
    SELECT name2 FROM co_star  
    WHERE name1 = 'Lyudmila Saveleva'  
    UNION  
    SELECT c2.name2  
    FROM indirect_co_star_saveleva AS c1  
    LEFT JOIN co_star AS c2  
    ON c1.name2 = c2.name1  
) SELECT DISTINCT * FROM indirect_co_star_saveleva;
```

The data output window shows the results of the query, which are the names of the indirect co-stars of Lyudmila Saveleva. The results are as follows:

name2
1 Boris Zakhava
2 Lyudmila Saveleva
3 Sergey Bondarchuk
4 Vyacheslav Tikhonov

The status bar at the bottom indicates that the query is complete and has returned 4 rows.

Figure 3: Screen 1.3: Co-star indirecto Lyudmila Saveleva

En este caso, es una cadena muy pequeña de 4 actores rusos, incluyendo a Lyudmila. Esto se puede explicar porque el resto de películas donde actúa Lyudmila (cine soviético y ruso) pueden no alcanzar el mínimo de 5 mil votos en su rating y solo se considera la película por la que ganó el Oscar.

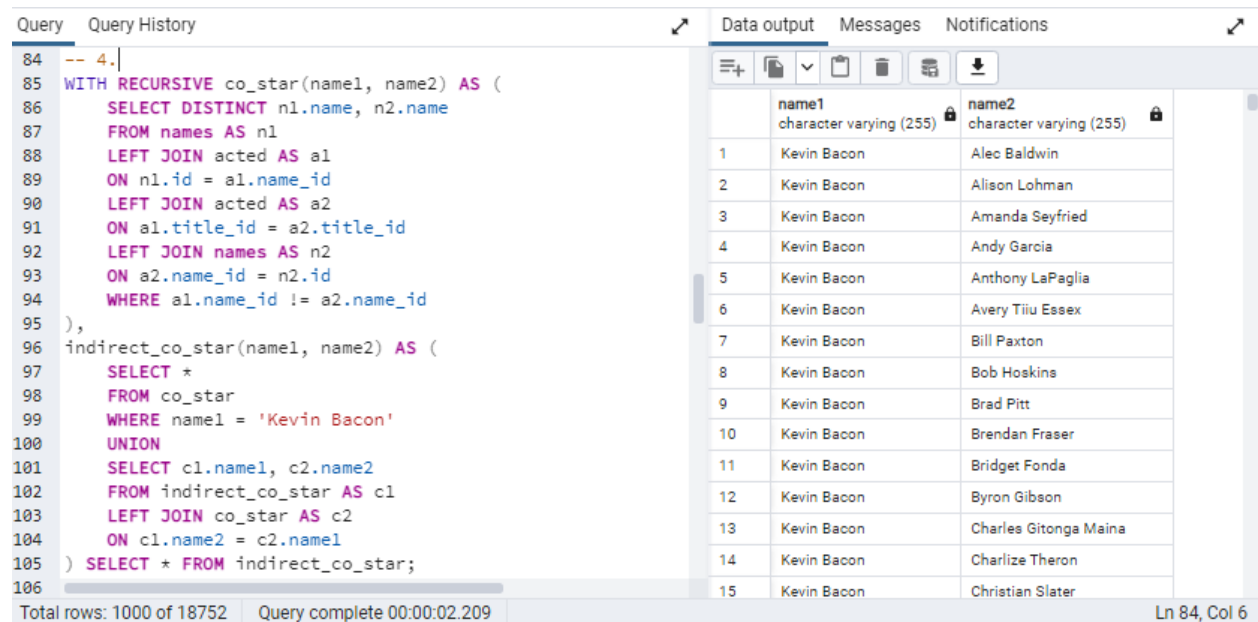
4. Misma consulta punto (2) pero indirect_co_star almacena parejas de actores conectadas por co-star:

Tenemos dos maneras de realizar esta consulta, con un filtro al inicio o al final. Comenzamos por un filtro inicial:

En este caso, al construir la consulta recursiva sobre `co_star`, realizamos el filtro por *Kevin Bacon* al comienzo del proceso, y retornamos tando el actor “de origen” como el co-star indirecto:

```
WITH RECURSIVE co_star(name1, name2) AS (  
    SELECT DISTINCT n1.name, n2.name  
    FROM names AS n1  
    LEFT JOIN acted AS a1  
    ON n1.id = a1.name_id  
    LEFT JOIN acted AS a2  
    ON a1.title_id = a2.title_id  
    LEFT JOIN names AS n2  
    ON a2.name_id = n2.id  
    WHERE a1.name_id != a2.name_id  
) ,  
indirect_co_star(name1, name2) AS (  
    SELECT *  
    FROM co_star  
    WHERE name1 = 'Kevin Bacon' -- filtro inicial  
    UNION  
    SELECT c1.name1, c2.name2  
    FROM indirect_co_star AS c1  
    LEFT JOIN co_star AS c2  
    ON c1.name2 = c2.name1  
) SELECT * FROM indirect_co_star;
```

Esta consulta es similar a la realizada en el punto (2) y entrega los mismos resultados:



name1	name2
Kevin Bacon	Alec Baldwin
Kevin Bacon	Alison Lohman
Kevin Bacon	Amanda Seyfried
Kevin Bacon	Andy Garcia
Kevin Bacon	Anthony LaPaglia
Kevin Bacon	Avery Tili Essex
Kevin Bacon	Bill Paxton
Kevin Bacon	Bob Hoskins
Kevin Bacon	Brad Pitt
Kevin Bacon	Brendan Fraser
Kevin Bacon	Bridget Fonda
Kevin Bacon	Byron Gibson
Kevin Bacon	Charles Gitonga Maina
Kevin Bacon	Charlize Theron
Kevin Bacon	Christian Slater

Figure 4: Screen 1.4.1: Tabla `indirect_co_star` filtro en origen

Sin embargo, la segunda alternativa para plantear este proceso es realizar el filtro de actor de origen al final del proceso. Es decir, construir todas las relaciones de co-star indirectos, y usando el hecho de que la consulta entrega el nombre de origen y destino, realizar el filtro al final:

```
WITH RECURSIVE co_star(name1, name2) AS (
    SELECT DISTINCT n1.name, n2.name
    FROM names AS n1
    LEFT JOIN acted AS a1
    ON n1.id = a1.name_id
    LEFT JOIN acted AS a2
    ON a1.title_id = a2.title_id
    LEFT JOIN names AS n2
    ON a2.name_id = n2.id
    WHERE a1.name_id != a2.name_id
),
indirect_co_star(name1, name2) AS (
    SELECT *
    FROM co_star -- sin filtro inicial
    UNION
    SELECT c1.name1, c2.name2
    FROM indirect_co_star AS c1
    LEFT JOIN co_star AS c2
    ON c1.name2 = c2.name1
) SELECT * FROM indirect_co_star WHERE name1 = 'Kevin Bacon'; -- filtro final
```

En este caso el proceso se demora mucho más y entrega los siguientes resultados:

The screenshot shows a SQL query editor with a query window on the left and a messages window on the right. The query window displays a recursive query for finding indirect co-stars, with line numbers 106 to 129. The messages window shows an error: "ERROR: SSL SYSCALL error: EOF detected". The status bar at the bottom indicates "Total rows: 4 of 4" and "Query complete 00:00:48.804".

Query	Query History	Data output	Messages	Notifications
106			ERROR: SSL SYSCALL error: EOF detected	
107	-- 4.2			
108	WITH RECURSIVE co_star(name1, name2) AS (
109	SELECT DISTINCT n1.name, n2.name			
110	FROM names AS n1			
111	LEFT JOIN acted AS a1			
112	ON n1.id = a1.name_id			
113	LEFT JOIN acted AS a2			
114	ON a1.title_id = a2.title_id			
115	LEFT JOIN names AS n2			
116	ON a2.name_id = n2.id			
117	WHERE a1.name_id != a2.name_id			
118),			
119	indirect_co_star(name1, name2) AS (
120	SELECT *			
121	FROM co_star			
122	UNION			
123	SELECT c1.name1, c2.name2			
124	FROM indirect_co_star AS c1			
125	LEFT JOIN co_star AS c2			
126	ON c1.name2 = c2.name1			
127) SELECT * FROM indirect_co_star WHERE name1 = 'Kevin Bacon';			
128				
129				
Total rows: 4 of 4		Query complete 00:00:48.804		Ln 131, Col 1

Figure 5: Screen 1.4.2: Tabla indirect_co_star filtro a la salida

Esto se debe a que en este caso construye la cadena completa de relaciones indirectas desde *todos* los actores y no solo desde un conjunto de actores de interés. El efecto de esto es que **no se cuenta con suficiente memoria para trabajar la tabla** que es lo que indica el mensaje de error encontrado en la consola.

Tiene sentido que ocurra un error de memoria porque estamos multiplicando la cantidad de actores en cada iteración. Siguiendo una analogía epidemiológica, el análisis es manejable cuando hacemos un filtro interno,

porque es como partir por un subconjunto de agentes que se infecta iterativamente por una relación de participar en conjunto en una película. Dependiendo de la estructura de relaciones derivada de las películas tenemos un conjunto grande (Kevin Bacon) o uno muy pequeño (Lyudmila).

Si pretendemos comenzar por todos los actores, para construir la estructura de relaciones de participación por películas iterativamente, estamos multiplicando la tabla actores en cada iteración.

Parte 2

1. Analizar query actores que han actuado como 'Batman'

Comenzamos por analizar el plan de ejecución de la consulta cuando se usa el operador JOIN:

```
EXPLAIN ANALYZE
SELECT DISTINCT names.name
FROM names
JOIN acted on names.id = acted.name_id
WHERE acted.role = 'Batman';
```

El resultado de esto nos entrega:

The screenshot shows a database interface with a query plan for the following query:

```
EXPLAIN ANALYZE
SELECT DISTINCT names.name
FROM names
JOIN acted on names.id = acted.name_id
WHERE acted.role = 'Batman';
```

The query plan details are as follows:

- 103 -----
- 104 -- PARTE 2:
- 105 -----
- 106 -- 1.
- 107 -- todos los actores que han hecho rol de batman con JOIN
- 108 EXPLAIN ANALYZE
- 109 SELECT DISTINCT names.name
- 110 FROM names
- 111 JOIN acted on names.id = acted.name_id
- 112 WHERE acted.role = 'Batman';
- 113
- 114 -- Unique (cost=1140.21..1140.22 rows=2 width=14) (actual time=4.217..4.224 rows=13 loops=1)
- 115 -- -> Sort (cost=1140.21..1140.21 rows=2 width=14) (actual time=4.217..4.219 rows=23 loops=1)
- 116 -- Sort Key: names.name
- 117 -- Sort Method: quicksort Memory: 26kB
- 118 -- -> Nested Loop (cost=0.29..1140.20 rows=2 width=14) (actual time=0.378..4.200 rows=23 loops=1)
- 119 -- -> Seq Scan on acted (cost=0.00..1123.59 rows=2 width=4) (actual time=0.368..4.137 rows=23 loops=1)
- 120 -- Filter: ((role)::text = 'Batman'::text)
- 121 -- Rows Removed by Filter: 60024
- 122 -- -> Index Scan using names_pkey on names (cost=0.29..8.30 rows=1 width=18) (actual time=0.002..0.002 rows=1 loops=23)
- 123 -- Index Cond: (id = acted.name_id)
- 124 -- Planning Time: 0.174 ms
- 125 -- Execution Time: 4.247 ms
- 126
- 127

The interface also shows tabs for Data output, Messages, and Notifications. Below the query plan, there is a table with 12 rows and 2 columns: QUERY PLAN and text. The table contains the same query plan details as shown above. At the bottom, it shows 'Total rows: 12 of 12' and 'Query complete 00:00:00.515'.

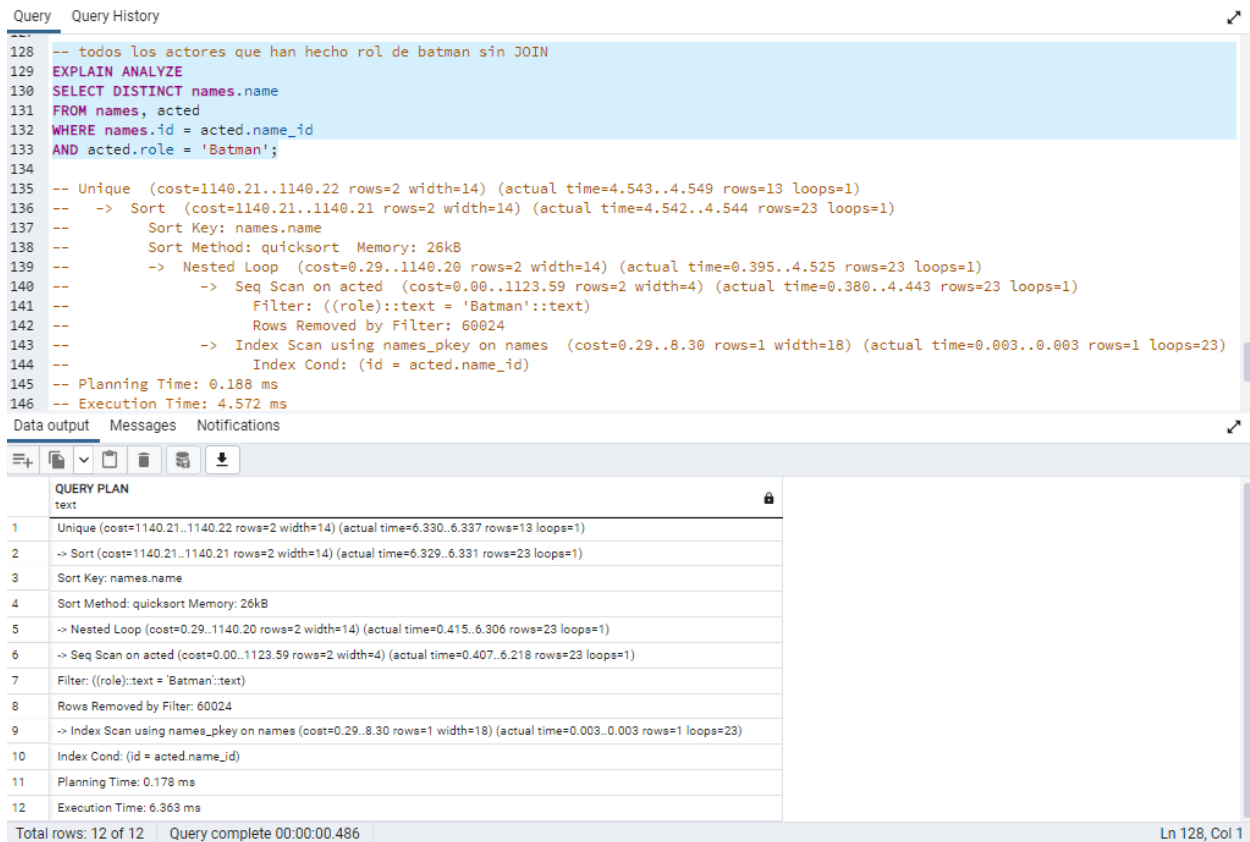
Figure 6: Screen 2.1.1: Plan de Trabajo Actores con rol Batman, caso JOIN

Se aprecia como el plan de ejecución comienza por un **sort** usando las claves de **names** mediante **quicksort**. Luego genera un join por **nested loop** finalmente filtra por el rol Batman.

Al realizar la consulta sin JOIN tenemos:

```
EXPLAIN ANALYZE
SELECT DISTINCT names.name
FROM names, acted
WHERE names.id = acted.name_id
AND acted.role = 'Batman';
```


Con esta consulta obtenemos:



The screenshot displays a database query interface. At the top, there are tabs for 'Query' and 'Query History'. The main area shows a SQL query and its execution plan.

```
128 -- todos los actores que han hecho rol de batman sin JOIN
129 EXPLAIN ANALYZE
130 SELECT DISTINCT names.name
131 FROM names, acted
132 WHERE names.id = acted.name_id
133 AND acted.role = 'Batman';
134
135 -- Unique (cost=1140.21..1140.22 rows=2 width=14) (actual time=4.543..4.549 rows=13 loops=1)
136 --   -> Sort (cost=1140.21..1140.21 rows=2 width=14) (actual time=4.542..4.544 rows=23 loops=1)
137 --       Sort Key: names.name
138 --       Sort Method: quicksort Memory: 26kB
139 --       -> Nested Loop (cost=0.29..1140.20 rows=2 width=14) (actual time=0.395..4.525 rows=23 loops=1)
140 --           -> Seq Scan on acted (cost=0.00..1123.59 rows=2 width=4) (actual time=0.380..4.443 rows=23 loops=1)
141 --               Filter: ((role)::text = 'Batman')::text
142 --               Rows Removed by Filter: 60024
143 --           -> Index Scan using names_pkey on names (cost=0.29..8.30 rows=1 width=18) (actual time=0.003..0.003 rows=1 loops=23)
144 --               Index Cond: (id = acted.name_id)
145 -- Planning Time: 0.188 ms
146 -- Execution Time: 4.572 ms
```

Below the query, there are tabs for 'Data output', 'Messages', and 'Notifications'. The 'Data output' tab is active, showing a 'QUERY PLAN' table.

	QUERY PLAN
1	Unique (cost=1140.21..1140.22 rows=2 width=14) (actual time=6.330..6.337 rows=13 loops=1)
2	-> Sort (cost=1140.21..1140.21 rows=2 width=14) (actual time=6.329..6.331 rows=23 loops=1)
3	Sort Key: names.name
4	Sort Method: quicksort Memory: 26kB
5	-> Nested Loop (cost=0.29..1140.20 rows=2 width=14) (actual time=0.415..6.306 rows=23 loops=1)
6	-> Seq Scan on acted (cost=0.00..1123.59 rows=2 width=4) (actual time=0.407..6.218 rows=23 loops=1)
7	Filter: ((role)::text = 'Batman')::text
8	Rows Removed by Filter: 60024
9	-> Index Scan using names_pkey on names (cost=0.29..8.30 rows=1 width=18) (actual time=0.003..0.003 rows=1 loops=23)
10	Index Cond: (id = acted.name_id)
11	Planning Time: 0.178 ms
12	Execution Time: 6.363 ms

At the bottom, there is a status bar showing 'Total rows: 12 of 12', 'Query complete 00:00:00.486', and 'Ln 128, Col 1'.

Figure 7: Screen 2.1.2: Plan de Trabajo Actores con rol Batman, caso sin JOIN

Se aprecia que el plan involucra realizar un quicksort por `names`, luego un `nested loop` y finalmente un `filter` por rol 'Batman'. Es decir el plan de ejecución es el mismo en ambos casos.

2. Comparar tiempo de consulta sin indices y usando indice *btree*:

Comenzando por la consulta anterior usando JOIN, podemos obtener un rango de tiempo de ejecución de esta:

Query	Query History	Data output	Messages	Notifications
161	-- Pregunta 2: Analizar Execution Time			
162				
163	-- Execution Time por defecto			
164	EXPLAIN ANALYZE	QUERY PLAN		
165	SELECT DISTINCT names.name	text		
166	FROM names	1 Unique (cost=1140.21..1140.22 rows=2 width=14) (actual time=4.626..4.632 rows=13 loops=		
167	JOIN acted on names.id = acted.name_id	2 -> Sort (cost=1140.21..1140.21 rows=2 width=14) (actual time=4.625..4.627 rows=23 loops=		
168	WHERE acted.role = 'Batman';	3 Sort Key: names.name		
169	-- Execution Time varia entre 3 a 6ms	4 Sort Method: quicksort Memory: 26kB		
170		5 -> Nested Loop (cost=0.29..1140.20 rows=2 width=14) (actual time=0.490..4.608 rows=23 lo		
171		6 -> Seq Scan on acted (cost=0.00..1123.59 rows=2 width=4) (actual time=0.478..4.549 rows=2		
172		7 Filter: ((role)::text = 'Batman')::text)		
173		8 Rows Removed by Filter: 60024		
174		9 -> Index Scan using names_pkey on names (cost=0.29..8.30 rows=1 width=18) (actual time=		
175		10 Index Cond: (id = acted.name_id)		
176		11 Planning Time: 0.191 ms		
177		12 Execution Time: 4.657 ms		
178				
179				
180				
181				
Total rows: 12 of 12 Query complete 00:00:00.341		Ln 174, Col 1		

Figure 8: Screen 2.2.1: Consulta Batman sin indice

En el caso sin índices la consulta tomó 4.6 ms, y el rango encontrado va entre 3 a 6 ms.

Ahora repetimos la consulta creando un índice *btree*

Query	Query History	Data output	Messages	Notifications
184				
185				
186				
187				
188	-- agregar btree acted.role	QUERY PLAN		
189	CREATE INDEX indice_btree ON acted (role);	text		
190	-- correr nuevamente	1 Unique (cost=28.64..28.65 rows=2 width=14) (actual time=0.133..0.139 rows=13 loops=1)		
191	EXPLAIN ANALYZE	2 -> Sort (cost=28.64..28.64 rows=2 width=14) (actual time=0.133..0.134 rows=23 loops=1)		
192	SELECT DISTINCT names.name	3 Sort Key: names.name		
193	FROM names	4 Sort Method: quicksort Memory: 26kB		
194	JOIN acted on names.id = acted.name_id	5 -> Nested Loop (cost=4.72..28.63 rows=2 width=14) (actual time=0.042..0.118 rows=23 lo		
195	WHERE acted.role = 'Batman';	6 -> Bitmap Heap Scan on acted (cost=4.43..12.02 rows=2 width=4) (actual time=0.022..0.04		
196	-- Execution Time varia entre 0.1 y 0.3ms	7 Recheck Cond: ((role)::text = 'Batman')::text)		
197	-- el btree mejora significativamente el rendimiento	8 Heap Blocks: exact=23		
198		9 -> Bitmap Index Scan on indice_btree (cost=0.00..4.43 rows=2 width=0) (actual time=0.017		
199		10 Index Cond: ((role)::text = 'Batman')::text)		
200		11 -> Index Scan using names_pkey on names (cost=0.29..8.30 rows=1 width=18) (actual time		
201		12 Index Cond: (id = acted.name_id)		
202		13 Planning Time: 0.263 ms		
203				
204				
Total rows: 14 of 14 Query complete 00:00:00.388		Ln 201, Col 1		

Figure 9: Screen 2.2.2: Consulta Batman indice btree

Vemos que **el desempeño mejora usando btree** pasando a un rango entre 0.1 y 0.3 ms.

El índice por árbol binario (*btree*) mejora el rendimiento ya que en vez de una búsqueda secuencial se utiliza un **Bitmap Heap Scan**, la cual genera reglas de comparación por rangos.

Es interesante tener en cuenta esto ya que el sorteo (ordenamiento) ocurre igualmente, probablemente la tabla ya estaba ordenada. Esto significa que el lugar donde mejora el rendimiento es en la búsqueda de la palabra “Batman” y no en el JOIN o su ausencia.

3. Comparar tiempos de ejecución en tres casos: sin índice, índice *btree* e índice *hash* para títulos del año 2022.

Ahora construimos una consulta para rescatar la tabla `titles` filtrando para un año en particular.

- Cuando realizamos la consulta sin índices obtenemos:

The screenshot shows a database query interface with a query editor on the left and a query plan on the right. The query editor contains the following SQL code:

```
190
191
192 -- Pregunta 3:
193
194 -- sin indice
195 EXPLAIN ANALYZE
196 SELECT *
197 FROM titles
198 WHERE release_year = 2022;
199 -- Execution Time entre 0.7 y 1.1ms
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
```

The query plan on the right shows the following steps:

Step	Operation
1	Seq Scan on titles (cost=0.00..316.27 rows=67 width=35) (actual time=0.607..1.040 rows=67)
2	Filter: (release_year = 2022)
3	Rows Removed by Filter: 14755
4	Planning Time: 0.051 ms
5	Execution Time: 1.056 ms

The status bar at the bottom indicates "Total rows: 5 of 5" and "Query complete 00:00:00.400".

Figure 10: Screen 2.3.1: Consulta Títulos 2022 sin índice

Con un desempeño cercano a 1.0 ms.

- Luego, usando un árbol binario como índice:

The screenshot shows a database query interface with a query editor on the left and a query plan on the right. The query editor contains the following SQL code:

```
201
202
203
204 -- btree en release_year
205 CREATE INDEX indice_btree ON titles (release_year);
206 EXPLAIN ANALYZE
207 SELECT *
208 FROM titles
209 WHERE release_year = 2022;
210 DROP INDEX indice_btree;
211 -- Execution Time entre 0.04 y 0.07ms
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
```

The query plan on the right shows the following steps:

Step	Operation
1	Index Scan using indice_btree on titles (cost=0.29..25.18 rows=67 width=35) (actual time=0.040..0.070 rows=67)
2	Index Cond: (release_year = 2022)
3	Planning Time: 0.074 ms
4	Execution Time: 0.065 ms

The status bar at the bottom indicates "Total rows: 4 of 4" and "Query complete 00:00:00.695".

Figure 11: Screen 2.3.2: Consulta Títulos 2022 índice btree

Con *btree* tenemos una mejora importante en tiempo de ejecución que llega a 0.04 y 0.07 ms.

- Finalmente, usando un índice hash:

Se aprecia una mejora también significativa, en este caso llegando al rango 0.05 y 0.09 ms.

En ambos casos, al usar índice el rendimiento mejora. Sin embargo, se alcanzó un mejor rendimiento en el margen con el índice *btree*. Esto puede parecer contra intuitivo.

The screenshot displays a database query interface with two main panels. The left panel shows the SQL query being executed, and the right panel shows the resulting query plan.

SQL Query:

```

214
215
216 -- indice hash
217 CREATE INDEX indice_hash ON titles USING HASH (release_year)
218 EXPLAIN ANALYZE
219 SELECT *
220 FROM titles
221 WHERE release_year = 2022;
222 DROP INDEX indice_hash;
223 -- Execution Time entre 0.05 y 0.09ms
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233

```

Query Plan:

Step	Operation	Cost	Rows	Width	Actual Time
1	Bitmap Heap Scan on titles	cost=4.52..117.35	rows=67	width=35	(actual time=0.020..0.063)
2	Recheck Cond: (release_year = 2022)				
3	Heap Blocks: exact=28				
4	-> Bitmap Index Scan on indice_hash	cost=0.00..4.50	rows=67	width=0	(actual time=0.011..0.011)
5	Index Cond: (release_year = 2022)				
6	Planning Time: 0.060 ms				
7	Execution Time: 0.083 ms				

Status Bar: Total rows: 7 of 7 | Query complete 00:00:00.580 | Ln 218, Col 1

Figure 12: Screen 2.3.3: Consulta Títulos 2022 indice hash

El mecanismo de este opera creando un árbol de comparaciones donde se hace más rápido la búsqueda de un resultado. En cambio el índice *hash* genera un regla sobre la cual se arman distintos *buckets* (ejemplo, resto de division por 5). Se comenta que el índice *hash* permite acelerar la búsqueda de un valor en particular, pero no sirve tanto al buscar un rango.

Teniendo esto en cuenta uno esperaría que el índice *hash* generara mejores desempeños, debido a que la consulta implica un filtro por igualdad. Sin embargo, el desempeño de *btree* es comparable e incluso mejor para un filtro por igualdad en este caso particular.

4. Comparar tiempos de ejecución tres casos: sin índice, índice *btree* e índice *hash* para títulos de lo años 2018 a 2020.

Ahora realizamos una consulta que involucra un *rango* por lo que esperáramos que el índice *hash* tenga un peor desempeño que el índice *btree*.

Caso sin índice:

The screenshot shows a database query interface with a query editor on the left and a query plan on the right. The query editor contains the following SQL code:

```
223
224
225 -- Pregunta 4:
226 -----
227 -- sin indice
228 EXPLAIN ANALYZE
229 SELECT *
230 FROM titles
231 WHERE release_year >= 2018
232 AND release_year <= 2020;
233 -- ET entre 0.8 y 1.8ms
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
```

The query plan on the right shows the following steps:

Step	Operation
1	Seq Scan on titles (cost=0.00..353.33 rows=1485 width=35) (actual time=0.125..1.092 rows=)
2	Filter: ((release_year >= 2018) AND (release_year <= 2020))
3	Rows Removed by Filter: 13337
4	Planning Time: 0.055 ms
5	Execution Time: 1.149 ms

The status bar at the bottom indicates: Total rows: 5 of 5, Query complete 00:00:00.359, Ln 236, Col 1.

Figure 13: Screen 2.4.1: Consulta Títulos 2018-2020 sin índice

En el caso base sin índice tenemos un resultado centrado en 1 ms.

Caso índice *btree*:

The screenshot shows a database query interface with a query editor on the left and a query plan on the right. The query editor contains the following SQL code:

```
246
247 -- btree
248 CREATE INDEX indice_btree ON titles (release_year);
249 EXPLAIN ANALYZE
250 SELECT *
251 FROM titles
252 WHERE release_year >= 2018
253 AND release_year <= 2020;
254 DROP INDEX indice_btree;
255 -- 0.2 - 0.55ms
256
257
258
259
260
261
262
```

The query plan on the right shows the following steps:

Step	Operation
1	Index Scan using indice_btree on titles (cost=0.29..104.63 rows=1487 width=35) (actual time)
2	Index Cond: ((release_year >= 2018) AND (release_year <= 2020))
3	Planning Time: 0.098 ms
4	Execution Time: 0.516 ms

The status bar at the bottom indicates: Total rows: 4 of 4, Query complete 00:00:00.326, Ln 257, Col 1.

Figure 14: Screen 2.4.2: Consulta Títulos 2018-2020 índice btree

Para el caso *btree* tenemos una mejora relevante, llegando al rango 0.2 a 0.5 ms

Caso índice *hash*:

The screenshot shows a database query interface with a SQL editor on the left and a query plan on the right. The SQL editor contains the following code:

```
265 -- hash
266 CREATE INDEX indice_hash ON titles USING HASH (release_year)
267 EXPLAIN ANALYZE
268 SELECT *
269 FROM titles
270 WHERE release_year >= 2018
271 AND release_year <= 2020;
272 DROP INDEX indice_hash;
273 -- 0.8 - 1.5ms
274
275
276
277
278
279
280
281
```

The query plan on the right is titled "QUERY PLAN" and shows the following steps:

Step	Operation
1	Seq Scan on titles (cost=0.00..353.33 rows=1485 width=35) (actual time=0.125..1.147 rows=)
2	Filter: ((release_year >= 2018) AND (release_year <= 2020))
3	Rows Removed by Filter: 13337
4	Planning Time: 0.060 ms
5	Execution Time: 1.204 ms

The status bar at the bottom indicates "Total rows: 5 of 5", "Query complete 00:00:00.435", and "Ln 279, Col 1".

Figure 15: Screen 2.4.3: Consulta Títulos 2018-2020 indice hash

Finalmente el caso de índice *hash*, tenemos que el desempeño es similar al caso sin índice, con un desempeño centrado en 1.1 ms.

Estos resultados corroboran la intuición que nos dice que el índice *hash* funciona bien para acelerar la búsqueda de valores particulares (un año en específico) pero no funciona bien para buscar un rango de valores. Por otro lado, el índice *btree* funciona bien al acelerar las búsquedas de años en particular y también para la búsqueda de un rango de valores, como este ejercicio demuestra.