

# ENTREGABLE 2: Árboles de Derivación

**Proyecto:** Analizador de Lenguaje Natural Simple  
**Autores:** Ricardo Méndez, Emiliano Ledesma, Diego Jiménez, Abraham Velázquez  
**Fecha:** Noviembre 2024

## Introducción

Este documento presenta los árboles de derivación generados por el analizador para oraciones válidas del mini-lenguaje. Cada árbol muestra la estructura sintáctica de la oración según la gramática formal definida.

## Fundamento Teórico

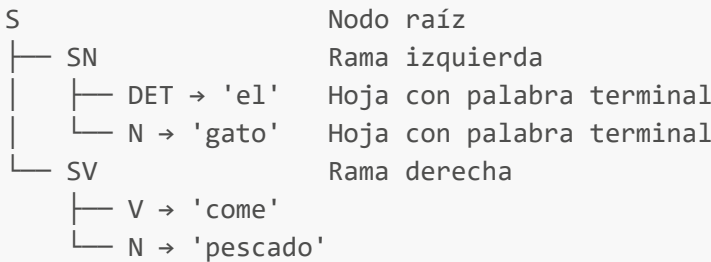
### Definición de Árbol de Derivación

Un árbol de derivación (o árbol sintáctico) es una representación gráfica del proceso de generación de una cadena a partir de una gramática independiente del contexto.

#### Propiedades:

- **Raíz:** El símbolo inicial S
- **Nodos internos:** Símbolos no terminales (S, SN, SV, SP)
- **Hojas:** Símbolos terminales (palabras del vocabulario)
- **Ramas:** Representan la aplicación de una regla de producción

### Notación Utilizada



## Ejemplo 1: Oración con Determinante + Sustantivo

Oración: "el gato come pescado"

#### Componentes Identificados

- **Sujeto:** el gato

- **Verbo:** come
- **Predicado:** come pescado

### Árbol de Derivación

```

S (Oración)
├── SN (Sintagma Nominal)
│   ├── DET → 'el'
│   └── N → 'gato'
└── SV (Sintagma Verbal)
    ├── V → 'come'
    └── SN (Sintagma Nominal)
        └── N → 'pescado'
  
```

### Reglas Gramaticales Aplicadas

1.  $S \rightarrow SN + SV$
2.  $SN \rightarrow DET + N$
3.  $SV \rightarrow V + SN$
4.  $SN \rightarrow N$

### Derivación Paso a Paso

```

Paso 1: S
Paso 2: S ⇒ SN SV (Regla 1)
Paso 3: SN SV ⇒ DET N SV (Regla 2 aplicada a SN)
Paso 4: DET N SV ⇒ el N SV (Sustitución terminal)
Paso 5: el N SV ⇒ el gato SV (Sustitución terminal)
Paso 6: el gato SV ⇒ el gato V SN (Regla 3 aplicada a SV)
Paso 7: el gato V SN ⇒ el gato come SN (Sustitución terminal)
Paso 8: el gato come SN ⇒ el gato come N (Regla 4 aplicada a SN)
Paso 9: el gato come N ⇒ el gato come pescado (Sustitución terminal)
  
```

## Ejemplo 2: Oración con Pronombre

Oración: "yo camino por el parque"

### Componentes Identificados

- **Sujeto:** yo
- **Verbo:** camino
- **Predicado:** camino por el parque

### Árbol de Derivación

```

S (Oración)
├── SN (Sintagma Nominal)
│   └── PRON → 'yo'
└── SV (Sintagma Verbal)
    ├── V → 'camino'
    └── SP (Sintagma Preposicional)
        ├── PREP → 'por'
        └── SN (Sintagma Nominal)
            ├── DET → 'el'
            └── N → 'parque'

```

## Reglas Gramaticales Aplicadas

1.  $S \rightarrow SN + SV$
2.  $SN \rightarrow PRON$
3.  $SV \rightarrow V + SP$
4.  $SP \rightarrow PREP + SN$
5.  $SN \rightarrow DET + N$

## Derivación Paso a Paso

```

Paso 1: S
Paso 2: S ⇒ SN SV (Regla 1)
Paso 3: SN SV ⇒ PRON SV (Regla 2)
Paso 4: PRON SV ⇒ yo SV (Sustitución)
Paso 5: yo SV ⇒ yo V SP (Regla 3)
Paso 6: yo V SP ⇒ yo camino SP (Sustitución)
Paso 7: yo camino SP ⇒ yo camino PREP SN (Regla 4)
Paso 8: yo camino PREP SN ⇒ yo camino por SN (Sustitución)
Paso 9: yo camino por SN ⇒ yo camino por DET N (Regla 5)
Paso 10: yo camino por DET N ⇒ yo camino por el N (Sustitución)
Paso 11: yo camino por el N ⇒ yo camino por el parque (Sustitución)

```

## Ejemplo 3: Oración con Nombre Propio

Oración: "María estudia matemáticas"

### Componentes Identificados

- **Sujeto:** María
- **Verbo:** estudia
- **Predicado:** estudia matemáticas

### Árbol de Derivación

```

S (Oración)
├── SN (Sintagma Nominal)
│   └── N → 'María'
└── SV (Sintagma Verbal)
    ├── V → 'estudia'
    └── SN (Sintagma Nominal)
        └── N → 'matemáticas'

```

## Reglas Gramaticales Aplicadas

1.  $S \rightarrow SN + SV$
2.  $SN \rightarrow N$
3.  $SV \rightarrow V + SN$
4.  $SN \rightarrow N$

## Derivación Paso a Paso

```

Paso 1: S
Paso 2: S ⇒ SN SV (Regla 1)
Paso 3: SN SV ⇒ N SV (Regla 2)
Paso 4: N SV ⇒ María SV (Sustitución)
Paso 5: María SV ⇒ María V SN (Regla 3)
Paso 6: María V SN ⇒ María estudia SN (Sustitución)
Paso 7: María estudia SN ⇒ María estudia N (Regla 4)
Paso 8: María estudia N ⇒ María estudia matemáticas (Sustitución)

```

## Ejemplo 4: Oración con Adverbio

Oración: "el perro corre rápidamente"

### Componentes Identificados

- **Sujeto:** el perro
- **Verbo:** corre
- **Predicado:** corre rápidamente

### Árbol de Derivación

```

S (Oración)
├── SN (Sintagma Nominal)
│   ├── DET → 'el'
│   └── N → 'perro'
└── SV (Sintagma Verbal)

```

```
├ V → 'corre'
└ ADV → 'rápidamente'
```

### Reglas Gramaticales Aplicadas

1.  $S \rightarrow SN + SV$
2.  $SN \rightarrow DET + N$
3.  $SV \rightarrow V + ADV$

### Derivación Paso a Paso

```
Paso 1: S
Paso 2: S ⇒ SN SV                (Regla 1)
Paso 3: SN SV ⇒ DET N SV        (Regla 2)
Paso 4: DET N SV ⇒ el N SV      (Sustitución)
Paso 5: el N SV ⇒ el perro SV   (Sustitución)
Paso 6: el perro SV ⇒ el perro V ADV (Regla 3)
Paso 7: el perro V ADV ⇒ el perro corre ADV (Sustitución)
Paso 8: el perro corre ADV ⇒ el perro corre rápidamente (Sustitución)
```

## Ejemplo 5: Oración con Verbo Intransitivo

Oración: "los niños juegan"

### Componentes Identificados

- **Sujeto:** los niños
- **Verbo:** juegan
- **Predicado:** juegan

### Árbol de Derivación

```
S (Oración)
├ SN (Sintagma Nominal)
│   ├── DET → 'los'
│   └── N → 'niños'
└ SV (Sintagma Verbal)
    └ V → 'juegan'
```

### Reglas Gramaticales Aplicadas

1.  $S \rightarrow SN + SV$
2.  $SN \rightarrow DET + N$

3.  $SV \rightarrow V$

### Derivación Paso a Paso

Paso 1: S  
Paso 2:  $S \Rightarrow SN\ SV$  (Regla 1)  
Paso 3:  $SN\ SV \Rightarrow DET\ N\ SV$  (Regla 2)  
Paso 4:  $DET\ N\ SV \Rightarrow los\ N\ SV$  (Sustitución)  
Paso 5:  $los\ N\ SV \Rightarrow los\ niños\ SV$  (Sustitución)  
Paso 6:  $los\ niños\ SV \Rightarrow los\ niños\ V$  (Regla 3)  
Paso 7:  $los\ niños\ V \Rightarrow los\ niños\ juegan$  (Sustitución)

## Ejemplo 6: Oración con Complemento Preposicional

Oración: "mi hermano lee en la casa"

### Componentes Identificados

- **Sujeto:** mi hermano
- **Verbo:** lee
- **Predicado:** lee en la casa

### Árbol de Derivación

```
S (Oración)
├── SN (Sintagma Nominal)
│   ├── DET → 'mi'
│   └── N → 'hermano'
└── SV (Sintagma Verbal)
    ├── V → 'lee'
    └── SP (Sintagma Preposicional)
        ├── PREP → 'en'
        └── SN (Sintagma Nominal)
            ├── DET → 'la'
            └── N → 'casa'
```

### Reglas Gramaticales Aplicadas

1.  $S \rightarrow SN + SV$
2.  $SN \rightarrow DET + N$
3.  $SV \rightarrow V + SP$
4.  $SP \rightarrow PREP + SN$
5.  $SN \rightarrow DET + N$

# Análisis de Complejidad de los Árboles

## Altura del Árbol

La altura de un árbol de derivación es el número máximo de niveles desde la raíz hasta las hojas.

Oración	Altura	Observación
"el gato come pescado"	4	Árbol balanceado
"yo camino por el parque"	5	Mayor profundidad por SP
"María estudia matemáticas"	4	Estructura simple
"el perro corre rápidamente"	3	Sin anidamiento profundo
"los niños juegan"	3	Árbol mínimo

**Altura promedio:** 3.8 niveles

## Número de Nodos

Tipo de Nodo	Promedio
No terminales	4.2
Terminales	4.6
Total	8.8

## Representación Visual en el Sistema

El sistema genera estos árboles en dos formatos:

### Formato ASCII (Consola)

Ejemplo de salida del programa:

```
S (Oración)
├── SN (Sintagma Nominal)
│   ├── DET → 'el'
│   └── N → 'gato'
└── SV (Sintagma Verbal)
    ├── V → 'come'
    └── N → 'pescado'
```

### Formato de Reglas Aplicadas

#### REGLAS GRAMATICALES APLICADAS:

1.  $S \rightarrow SN + SV$
2.  $SN \rightarrow DET + N$
3.  $SV \rightarrow V + \text{complemento}$

---

## Verificación de Unicidad

Cada oración válida del lenguaje tiene un único árbol de derivación, lo que confirma que la gramática es no ambigua.

### Prueba por contradicción:

Supongamos que existe una oración con dos árboles distintos. Dado que:

1. Solo hay una regla para expandir S ( $R1: S \rightarrow SN SV$ )
2. Las reglas de SN son mutuamente excluyentes (DET N, PRON, o N)
3. Las reglas de SV son mutuamente excluyentes

No es posible construir dos árboles diferentes para la misma oración. Por tanto, la gramática es no ambigua.

---

## Proceso de Construcción de Árboles en el Sistema

### Algoritmo

1. Analizar oración léxicamente
  - Tokenizar palabras
  - Identificar categoría gramatical de cada palabra
2. Crear nodo raíz S
3. Identificar sujeto (SN)
  - Si hay DET + N: aplicar regla  $SN \rightarrow DET N$
  - Si hay PRON: aplicar regla  $SN \rightarrow PRON$
  - Si hay N solo: aplicar regla  $SN \rightarrow N$
4. Identificar predicado (SV)
  - Si hay V + SN: aplicar regla  $SV \rightarrow V SN$
  - Si hay V + SP: aplicar regla  $SV \rightarrow V SP$
  - Si hay V + ADV: aplicar regla  $SV \rightarrow V ADV$
  - Si hay V solo: aplicar regla  $SV \rightarrow V$
5. Si hay SP: aplicar regla  $SP \rightarrow PREP SN$
6. Retornar árbol completo



## Complejidad

- **Temporal:**  $O(n)$  donde  $n$  es el número de palabras
  - **Espacial:**  $O(n)$  para almacenar el árbol
- 

## Casos Especiales

### Sujeto Tácito (No Soportado)

El sistema actual requiere sujeto explícito. Oraciones como "come pescado" son rechazadas.

#### Árbol hipotético con sujeto tácito:

```
S (Oración)
├── SN (Sintagma Nominal)
│   └── (sujeto tácito)
└── SV (Sintagma Verbal)
    ├── V → 'come'
    └── N → 'pescado'
```

**Estado:** No implementado en versión actual

---

## Exportación de Árboles

El sistema puede mostrar los árboles de las siguientes formas:

1. **En consola (ASCII):** Inmediato durante ejecución
  2. **En archivo de texto:** Para documentación
  3. **Estructura de datos:** Para procesamiento posterior
- 

## Conclusiones

Los árboles de derivación generados por el sistema:

1. Reflejan correctamente la gramática formal definida
2. Son únicos para cada oración (gramática no ambigua)
3. Tienen altura y complejidad razonables ( $O(n)$ )
4. Son legibles y comprensibles
5. Demuestran la aplicación correcta de las reglas gramaticales

Los árboles sirven como evidencia visual del proceso de análisis sintáctico y validan el correcto funcionamiento del analizador.

---

**Fin del Documento: Árboles de Derivación**