INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN COMPUTACIÓN
Laboratorio de Lenguaje Natural

Aprendizaje supervisado de colocaciones para la resolución de la ambigüedad sintáctica

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
PRESENTA

SULEMA TORRES RAMOS

Director:
Dr. Alexander Gelbukh

México, D.F.
Junio, 2006

SIP-14

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México, D. F. Siendo las 16:00 horas del día 12 del mes de Junio de 2006 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del:

Centro de Investigación en Computación

para examinar la tesis de grado titulada:

" APRENDIZAJE SUPERVISADO DE COLOCACIONES PARA LA RESOLUCIÓN DE LA AMBIGÜEDAD SINTÁCTICA"

Presentada por la alumna:

TORRES	RAMOS	SULEMA
Apellido paterno	Materno	nombre(s)

Con registro:

B	0	4	1	2	6	9

aspirante al grado de: ***MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN***

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron ***SU APROBACIÓN DE LA TESIS***, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Presidente

Dr. Igor Bolshakov

Secretario

Dr. Sergio Suárez Guerra

Primer vocal

Dr. Alexandre Guelboukh Kahn

Segundo vocal

Dr. Grigori Sidorov

Tercer vocal

Dra. Sofía Natalia Galicia Haro

Suplente

M. en C. Eduardo Botello Castillo.

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. HUGO CESAR COYOTECATL CRUZ

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACION
EN COMPUTACION
DIRECCION

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESION DE DERECHOS

En la Ciudad de México el día 12 del mes de Junio del año 2006, el que suscribe *Sulema Torres Ramos* alumna del *Programa de Maestría en Ciencias de Computación* con número de registro *B041269*, adscrita al *Centro de Investigación en Computación*, manifiesta que es autor intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del *Dr Alexander Gelbukh Kahn* del trabajo intitulado *Aprendizaje supervisado de colocaciones para la resolución de la ambigüedad sintáctica* cede los derechos, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección *sulema7@hotmail.com*. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Sulema Torres Ramos

Nombre y firma

A mi familia,
de sangre y corazón.
A todos los que,
cerca o lejos,
siempre están conmigo.
A la vida,
por darme la oportunidad
de cumplir un sueño más.

Agradecimientos

Hace dos años salí de Sinaloa con la esperanza de estudiar una maestría. Todavía recuerdo lo difícil que fue al principio alejarme de mi familia y mis amigos, así como adaptarme a una nueva forma de vida. Hoy miro atrás y me doy cuenta que todo el esfuerzo y sacrificio no ha sido en vano.

El poder terminar mi maestría así como esta tesis se lo debo a muchas personas e instituciones, en especial quiero agradecer a las siguientes:

A mi familia y amigos, que aunque lejos, siempre se acuerdan de mí y me brindan su cariño.

A mi asesor, el *Dr. Alexander Gelbukh*, por todo lo que me ha enseñado y por su apoyo constante en el trabajo realizado para esta tesis.

A mis sinodales, los doctores *Igor Bolshakov, Grigori Sidorov, Sergio Suárez, Sofía Galicia Haro* y el maestro *Alejandro Botello,* por su sabiduría, consejos y paciencia que me ofrecieron para terminar esta tesis.

Al *Instituto Politécnico Nacional* y *CONACYT* por el apoyo económico que me otorgaron durante estos dos años.

Al *Centro de Investigación en Computación* por brindarme un segundo hogar.

Contenido general de la tesis

Índice detallado de la tesis

Lista de figuras

Lista de tablas

Abstract

Collocations are pairs of content words that form meaningful dependency syntactic relationships, either direct or through function words. Words forming a collocation tend to co-occur in the texts more often than is expected by chance. Natural language texts almost entirely consist of such collocations.

Information on what words form collocations is useful in a variety of applications of natural language processing. One of these applications is syntactic disambiguation, which is one of the most difficult challenges for current natural language processing systems. Namely, given several possible dependency syntactic interpretations of the same sentence, the disambiguation algorithm prefers the one which has a greater number of arcs corresponding to the collocations known in the given language, i.e., present in a dictionary of collocation for this language. What is more, a parsing algorithm can be nearly entirely driven by a collocation dictionary.

The aim of this thesis is automatic extraction (i.e., supervised learning) of a statistical collocations dictionary from a large corpus manually marked up with syntactic structures (treebank). Since there is no such treebank for Spanish language in dependency formalism, we developed a methodology and algorithm for converting an existing constituency-based treebank Cast3LB into a dependency-based treebank. The dependency pairs found in such a treebank, along with their frequencies, constitute the desired dictionary. The obtained dependency treebank and the methodology for conversion of a constituency treebanks into dependency ones is a separate contribution of this thesis.

Resumen

Las colocaciones son pares de palabras de contenido que forman las relaciones sintácticas de dependencia razonables, directamente o a través de palabras funcionales. Tales pares tienden usarse en los textos más frecuentemente de lo esperado por casualidad. El texto en lenguaje natural consiste casi totalmente de tales colocaciones.

La información de las palabras que forman colocaciones es útil en diferentes aplicaciones de procesamiento de lenguaje natural. Una de ellas es la resolución de la ambigüedad sintáctica, la cual es uno de los problemas más difíciles que se presentan actualmente en sistemas de procesamiento de lenguaje natural. El proceso de la resolución consiste en selección, de entre varias variantes generadas por la gramática, del árbol que tiene el mayor número de las aristas que correspondan a las colocaciones existentes en el lenguaje en cuestión, es decir, se encuentran en un diccionario de colocaciones para este lenguaje. Más aún, el análisis sintáctico puede ser dirigido casi exclusivamente por tal diccionario de colocaciones.

El propósito de esta tesis consiste en la extracción automática (es decir, aprendizaje supervisado) de un diccionario estadístico grande de colocaciones a partir de un corpus de con las estructuras sintácticas marcadas manualmente (*treebank*). Ya que no existe tal corpus para el español con el etiquetado en el formalismo de dependencias, hemos desarrollado una metodología y algoritmo para la conversión de un corpus existente en el formalismo de constituyentes, Cast3LB, en la representación de dependencias. Las relaciones de dependencias encontradas en tal corpus, junto con sus frecuencias, constituyen nuestro diccionario de colocaciones. El corpus obtenido con árboles de dependencias, así como la metodología para la conversión de los corpus de constituyentes en los de dependencias, son una aportación adicional de esta tesis.

CAPÍTULO

1

Introducción

Capítulo 1. Introducción

1.1 Ubicación y alcance

La información es el recurso más importante que poseemos los seres humanos. Gran parte de esta información se comunica, almacena y maneja en forma de lenguaje natural (español, inglés, ruso, etc.). En la actualidad, podemos obtener grandes volúmenes de información en forma escrita, ya sea de manera impresa o electrónica.

Las computadoras son una herramienta indispensable para el procesamiento de la información plasmada en los textos, ya que son capaces de manejar grandes volúmenes de datos. Sin embargo, una computadora no puede hacer todo lo que las personas normalmente hacemos con el texto, por ejemplo, responder preguntas basándose en la información proporcionada, o, hacer inferencias lógicas sobre su contenido, o elaborar un resumen de esta información.

Por lo anterior, el Procesamiento de Lenguaje Natural (PLN) tiene por objetivo habilitar a las computadoras para que entiendan el texto, procesándolo por su sentido. Para llevar a cabo esta tarea, un sistema de PLN necesita conocer sobre la estructura del lenguaje, la cual se analiza normalmente en 4 niveles: morfológico, sintáctico, semántico y pragmático. En el nivel morfológico se estudia cómo se construyen las palabras; en el sintáctico, cómo combinar las palabras para formar oraciones; en el semántico, el significado de las palabras, y por último, en el pragmático se estudia cómo el contexto afecta a la interpretación de las oraciones. Nuestra investigación se centra en el nivel sintáctico.

Todos los niveles anteriores de la estructura del lenguaje tienen un problema: la ambigüedad. Ésta se presenta cuando pueden admitirse distintas interpretaciones de un texto, oración o palabra. Resolver la ambigüedad es uno de los principales objetivos del PLN. Existen varios tipos de ambigüedad: sintáctica (estructural), léxica y semántica.

En el presente trabajo nos centramos en el problema de la ambigüedad sintáctica, que ocurre cuando existe más de una forma de interpretar la estructura de una oración. Ejemplo: la oración "Veo un hombre con lentes" se puede interpretar de dos formas, utilizo los lentes para ver al hombre o el hombre que veo tiene lentes.

Una forma de resolver la ambigüedad sintáctica es utilizando colocaciones (McKeown & Radev 1998). Una colocación es la relación entre dos palabras o un grupo de palabras que frecuentemente se usan de manera conjunta formando una expresión común. Algunos ejemplos de colocaciones son *sistema político*, *seguro de vida*, *núcleo familiar*, etc. Esta tesis está enfocada al aprendizaje supervisado de estas colocaciones.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Desarrollar los métodos y recursos para el aprendizaje supervisado de colocaciones, es decir, la extracción supervisada de un diccionario de colocaciones en español a partir de un corpus de texto etiquetado con las estructuras sintácticas en el formalismo de constituyentes, y aplicar los recursos obtenidos a la evaluación de un analizador sintáctico de dependencias.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Extraer la gramática del corpus Cast3LB.
2. Aplicar reglas de heurística para determinar los rectores de la gramática.
3. Aplicar un algoritmo para transformar los árboles de constituyentes en árboles de dependencias.
4. Extraer el diccionario de colocaciones del corpus.

5. Evaluar los resultados obtenidos.
6. Aplicar el diccionario de colocaciones obtenido a la evaluación de un analizador sintáctico de dependencias.

1.3 Relevancia e importancia

La importancia de un diccionario de colocaciones se puede ver reflejada en muchas áreas y aplicaciones. La aplicación principal es ayudar a cualquier autor a redactar un texto seleccionando palabras que combinen sintáctica y semánticamente. Ha sistemas que se encargan de llevar a cabo esta tarea automáticamente y se conocen como sistemas generadores de lenguaje.

Otra aplicación importante de las colocaciones es la desambiguación, tanto sintáctica como semántica. Resolver la ambigüedad sintáctica es uno de los problemas más difíciles que se presentan en sistemas de procesamiento de lenguaje natural.

Una aplicación no menos importante es la traducción automática, debido a que las colocaciones no pueden ser traducidas sobre una base palabra-por-palabra. Es necesario contar con diccionarios bilingües de colocaciones extraídos automática o semiautomáticamente de corpus bilingües.

1.4 Novedad científica

Actualmente se nota la tendencia de uso cada vez mayor de gramáticas de dependencias. Sin embargo, los recursos léxicos existentes, especialmente los corpus con etiquetado sintáctico manual, en su mayoría son orientados al formalismo de constituyentes –en parte por la inercia de las escuelas tradicionales y en parte porque resultan de proyectos de largo plazo cuyo desarrollo se empezó hace varios años.

La creación de corpus orientados a constituyentes es una tarea que continúa hoy en día; de ahí surge la necesidad y relevancia de la obtención automática o semiautomática

de los recursos sintácticos para el formalismo de dependencias utilizando los recursos existentes en el formalismo de constituyentes.

Tener un método para transformar automáticamente corpus de constituyentes a dependencias tiene ventajas debido a que cada corpus se limita al trabajo elaborado por un grupo de personas específicas que utilizan ciertos criterios. Unir dos corpus de constituyentes creados por diferentes personas es difícil, mientras que un algoritmo de transformación puede tomar varios corpus de constituyentes para crear nuevos corpus.

Este trabajo propone las heurísticas para la conversión de un corpus de constituyentes a un corpus de dependencias. El corpus obtenido permite la extracción de una gramática de dependencias y la composición de una base de datos de colocaciones sintácticas, así como la evaluación de los analizadores sintácticos de dependencias. Las heurísticas de la conversión son novedosas, así como ciertos detalles del proceso de la extracción de la gramática, de la extracción de las colocaciones, y de la evaluación de los analizadores sintácticos.

1.5 Aportaciones principales

1.5.1 Aportaciones teóricas

- Desarrollo, implementación y evaluación de las heurísticas para la **conversión** de un **corpus** con estructuras sintácticas etiquetadas con constituyentes a un corpus de dependencias.
- Desarrollo, implementación y evaluación de las heurísticas para la extracción, a partir de un corpus de constituyentes, de una **gramática** de gran escala capaz de construir los árboles sintácticos de dependencia.
- Desarrollo, implementación y evaluación de las heurísticas para la extracción de **colocaciones** sintácticas de un corpus etiquetado con constituyentes, incluido el tratamiento adecuado de preposiciones y conjunciones.
- Aplicación del diccionario de colocaciones obtenido automáticamente a partir del corpus de constituyentes al algoritmo de **evaluación** de un analizador sintáctico de dependencias.

1.5.2 Productos obtenidos

- **Corpus** de español etiquetado con las **dependencias** sintácticas, obtenido automáticamente a través de conversión de un corpus de constituyentes.
- **Gramática** de español a gran escala, capaz de generar los árboles de dependencias, obtenida automáticamente a partir del corpus.
- **Base de datos** de colocaciones sintácticas de español, con información **estadística**, obtenida automáticamente a partir del corpus etiquetado sintacticamente, de manera supervisada.

1.6 Organización de la tesis

El resto del documento se organiza de la siguiente manera:

En el capítulo 2 "La sintaxis del lenguaje natural y el problema de la ambigüedad sintáctica", se presenta una breve revisión del estado del arte sobre el lenguaje, procesamiento de lenguaje natural, la sintaxis del lenguaje y la ambigüedad. Se explica a detalle la ambigüedad sintáctica y cómo usar colocaciones para resolverla.

En el capítulo 3 "Los formalismos sintácticos de constituyentes y de dependencias", se describen algunos formalismos de los dos enfoques principales en el análisis sintáctico, así como los formalismos mixtos. Al final se hace una comparación de todos ellos.

En el capítulo 4 "Transformación del corpus de constituyentes a un corpus de dependencias", se describe el algoritmo utilizado para transformar el corpus orientado a constituyentes Cast3LB a un corpus de dependencias. Se presenta la implementación de tal algoritmo y la metodología que utilizamos para evaluarlo, así como los resultados obtenidos.

En el capítulo 5 "Extracción del diccionario de colocaciones a partir de un corpus de constituyentes", se presenta una breve descripción sobre colocaciones, tipos de colocaciones y sus aplicaciones. Además se describe el algoritmo utilizado para

extraer el diccionario de colocaciones a partir de un corpus con estructura sintáctica de constituyentes. Se presenta la implementación de tal algoritmo, así como los resultados obtenidos. Al final de este capítulo se explica la utilización de nuestro diccionario de colocaciones para la evaluación de un analizador sintáctico de dependencias y se muestran los resultados.

En el capítulo 6 "Conclusiones y trabajo futuro", se presenta una discusión de lo visto en esta tesis, las conclusiones, aportaciones de la tesis, publicaciones generadas y trabajo futuro.

Finalmente se incluyen referencias, con las bibliografías consultadas y referenciadas que aparecen enumeradas y ordenadas alfabéticamente. Asimismo se incluye un **índice de términos** con la lista de la ubicación dentro del documento de algunos términos y temáticas ordenadas alfabéticamente para facilitar su localización. Al final encontramos los **anexos**, donde damos algunas muestras de los recursos utilizados y resultados obtenidos de esta tesis.

CAPÍTULO

2

La sintaxis del lenguaje natural y el problema de la ambigüedad sintáctica

Capítulo 2. La sintaxis del lenguaje natural y el problema de la ambigüedad sintáctica

2.1 Introducción

La ambigüedad sintáctica es un problema que se presenta en todos los lenguajes naturales. Podríamos decir que para los seres humanos la ambigüedad en el lenguaje pasa desapercibida, debido a que la resolvemos casi inconcientemente utilizando la realidad en que vivimos, el contexto y el conocimiento que poseemos sobre algunos temas. Pero para las computadoras no es así, por ello el procesamiento de lenguaje natural tiene por objetivo capturar esta información, dando la funcionalidad necesaria a las computadoras para que puedan analizar y procesar lenguaje natural, y así, intentar comprender cómo lo hacemos las personas.

A lo largo de este capítulo daremos una breve revisión del estado del arte sobre el lenguaje y el procesamiento de lenguaje natural. Después hablaremos del problema de la ambigüedad, y más a detalle, la ambigüedad sintáctica y los modelos de conocimiento que se utilizan para resolverla. Al final hablaremos de cómo utilizar colocaciones para resolver este tipo de ambigüedad.

2.2 Lenguaje

Un lenguaje se considera como un conjunto de frases y oraciones, generalmente infinito y que se forma mediante combinaciones de palabras definidas en un diccionario previamente establecido. Estas combinaciones deben estructurarse correctamente, es

decir, respetar un conjunto de reglas sintácticas; además deben tener sentido en un contexto dado, a lo que se denomina semántica.

A lo largo de la historia el ser humano ha utilizado el lenguaje para trasmitir sus conocimientos, sentimientos, emociones, sensaciones, con el fin de comunicarse con el resto de los humanos, ya sea de manera oral, gráfica, escrita o por señas.

Cuando hablamos de lenguajes se pueden diferenciar dos clases muy bien definidas: los lenguajes naturales (español, ruso, inglés, etc.) y los lenguajes formales (lenguajes de programación, lógica matemática, etc.)

2.2.1 Lenguaje natural

Podríamos definir el lenguaje natural como el medio principal para la comunicación humana.

Con respecto a nuestro mundo, el lenguaje nos permite designar las cosas reales y razonar acerca de ellas, así como también crear significados. El lenguaje natural fue desarrollado y organizado a partir de la experiencia humana.

Los lenguajes naturales tienen un gran poder expresivo y pueden ser utilizados para analizar y razonar situaciones complejas.

Una propiedad única de los lenguajes naturales es la polisemia, es decir, la posibilidad de que una palabra en una oración tenga diversos significados (Sidorov 2001). El carácter polisemántico de un lenguaje tiende a incrementar la riqueza de su componente semántico, haciendo casi imposible su formalización.

Podemos resumir que los lenguajes naturales se distinguen por las siguientes propiedades:

- Han sido desarrollados por enriquecimiento progresivo antes de cualquier intento de formación de una teoría.
- La importancia de su carácter expresivo es debida fundamentalmente a la riqueza del componente semántico (polisemia).
- Existe dificultad o imposibilidad de una formalización completa.

2.2.2 Lenguaje formal

Un lenguaje formal es un lenguaje artificial compuesto por símbolos y formulas, que tiene como objetivo fundamental formalizar la programación de computadoras o representar simbólicamente el conocimiento científico.

Las palabras y oraciones en un lenguaje formal están perfectamente definidas, en donde una palabra mantiene el mismo significado prescindiendo del contexto o su uso.

Los lenguajes formales son exentos de cualquier componente semántico fuera de sus operadores y relaciones, y es gracias a esta ausencia de significado especial que los lenguajes formales pueden ser usados para modelar una teoría de la mecánica, de la ingeniería eléctrica, en la lingüística u otra naturaleza. Esto equivale a decir que durante la concepción de lenguajes formales toda la ambigüedad es eliminada.

En resumen, las características de los lenguajes formales son las siguientes:

- Se desarrollan de una teoría preestablecida.
- Tiene componente semántico mínimo.
- Posibilidad de incrementar el componente semántico de acuerdo con la teoría a formalizar.
- La sintaxis produce oraciones no ambiguas.
- Los números tienen un rol importante.
- Poseen una completa formalización y por esto, potencialmente posibilitan la construcción computacional.

2.3 Procesamiento del lenguaje natural

El estudio del lenguaje está relacionado con varias disciplinas. Una de ellas es la lingüística general, que estudia la estructura general y descubre las leyes universales de funcionalidad de los lenguajes naturales. Estas estructuras y leyes, aunadas a los métodos computacionales forman la lingüística computacional.

La lingüística computacional puede ser considerada como un sinónimo de procesamiento de lenguaje natural, ya que su tarea principal es la construcción de programas que procesen palabras y textos en lenguaje natural (Bolshakov & Gelbukh 2004; Sidorov 2005a).

Para llevar a cabo esta tarea, los sistemas de procesamiento de lenguaje natural deben tener conocimiento acerca de la estructura del lenguaje, para así poder pasar de texto a significado y viceversa. Los niveles que componen esta estructura se explican en el siguiente punto.

2.4 Niveles del lenguaje

La lingüística general comprende 5 niveles principales para el análisis de la estructura del lenguaje (Bolshakov & Gelbukh 2004) que son:

a) Nivel fonológico: trata de los sonidos que componen el habla, permitiendo formar y distinguir palabras.

b) Nivel morfológico: trata sobre la estructura de las palabras y las leyes para formar nuevas palabras a partir de unidades de significado más pequeñas llamadas morfemas.

c) Nivel sintáctico: trata sobre cómo las palabras pueden unirse para construir oraciones y cuál es la función que cada palabra realiza en esa oración.

d) Nivel semántico: trata del significado de las palabras y de cómo se unen para dar significado a una oración.

e) Nivel pragmático: estudia la intención del hablante al producir oraciones específicas o textos en una situación específica.

2.5 Ambigüedad

La ambigüedad, en el proceso lingüístico, se presenta cuando pueden admitirse distintas interpretaciones a partir de una representación dada o cuando existe confusión al tener diversas estructuras y no tener los elementos necesarios para eliminar las eventualmente incorrectas. Para desambiguar, es decir, para seleccionar los significados o las estructuras más adecuadas de un conjunto conocido de posibilidades, se requieren diversas estrategias de solución según el caso (Galicia-Haro 2000).

Debido a que existe ambigüedad aún para los humanos, su solución no es sólo lograr la asignación del sentido único por palabra en el análisis de textos, sino eliminar la gran cantidad de variantes que normalmente existen. La ambigüedad es el problema más importante en el procesamiento de textos en lenguaje natural, por lo que su resolución es la tarea más importante a llevar a cabo.

2.5.1 Tipos de ambigüedad

Se distinguen tres tipos principales de ambigüedad: léxica, semántica y sintáctica o estructural.

La ambigüedad léxica se presenta cuando las palabras pueden pertenecer a diferentes categorías gramaticales, por ejemplo *bajo* puede ser una preposición, un sustantivo, un adjetivo o una conjugación del verbo *bajar* (Sidorov 2005b).

La ambigüedad semántica se presenta cuando las palabras tienen múltiples significados, por ejemplo la palabra *banco* puede significar banco de peces, banco para tomar asiento o institución financiera.

La ambigüedad sintáctica, también conocida como ambigüedad estructural se presenta cuando una oración puede tener más de una estructura sintáctica. Por ejemplo de la oración "*María habló con el profesor del instituto*" se puede entender dos cosas diferentes: a) el profesor pertenece al instituto, o bien, b) el tema del que habló María con el profesor fue el instituto.

A continuación se explica más detalladamente la ambigüedad estructural y cómo resolverla.

2.6 Ambigüedad sintáctica

Este tipo de ambigüedad ocurre cuando la información sintáctica no es suficiente para hacer una decisión de asignación de estructura, o como lo mencionamos anteriormente, cuando una oración puede tener más de una estructura (árbol) sintáctica.

La ambigüedad existe aún para los hablantes nativos, es decir, hay diferentes lecturas para una misma frase. Por ejemplo, en la oración "*Juan vio a un hombre con un telescopio*", puede pensarse que: Juan utilizó el telescopio para ver al hombre, o, el hombre visto por Juan tiene un telescopio. Los árboles sintácticos extraídos de esta oración se muestran en la figura 1, donde *O* es una oración, *SV* es un grupo verbal, *SN* es un sintagma nominal, *SP* es un sintagma preposicional, *n* es un sustantivo, *v* es un verbo, *p* es una preposición y *det* es un determinante.

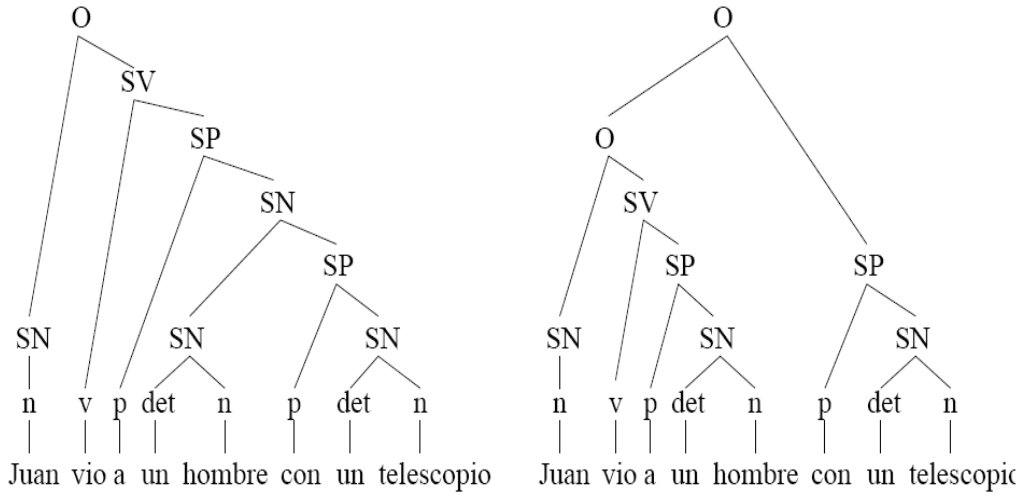


Figura 1. Árboles sintácticos extraídos de la oración "Juan vio a un hombre con un telescopio".

La resolución de la ambigüedad sintáctica debe basarse en modelos de conocimiento diverso (Galicia-Haro 2000). Tres de esos modelos se describen a continuación.

2.6.1 Patrones de manejo

Este método se basa en conocimiento lingüístico que adquieren los hablantes nativos durante el aprendizaje de su lenguaje. Este método es el más práctico para solucionar la mayoría de los problemas de ambigüedad, aunque por sí mismo, este método no es suficiente para el análisis sintáctico de textos sin restricciones.

El conocimiento descrito en este modelo es la información léxica de verbos, adjetivos y algunos sustantivos del español, para enlazar las frases que realizan las valencias. No es posible establecer ese conocimiento mediante reglas o algoritmos pero es posible obtener la información léxica a partir de un corpus.

2.6.2 Reglas ponderadas

Es uno de los modelos de resolución de ambigüedad sintáctica más simple pero mucho más cómodo para aplicar y para compilar los recursos necesarios. Se trata de la utilización del formalismo de constituyentes (gramáticas generativas). Se codifica directamente el conocimiento gramatical en reglas de reescritura, es decir, en gramáticas libres del contexto.

El conocimiento que se describe en este modelo es la clasificación y segmentación de la oración conforme a las categorías gramaticales de las palabras que la forman. La gramática está formada por un conjunto de reglas y por un conjunto de palabras que corresponde al lenguaje particular, ya que toda gramática es una teoría acerca de un lenguaje y por lo tanto no existen en ella descripciones neutrales.

2.6.3 Proximidad semántica

Este modelo está relacionado con el conocimiento semántico. Se requiere para desambiguar oraciones completas, porque sus diversas estructuras sintácticas son

perfectamente posibles, o para enlazar frases circunstanciales que al no estar directamente enlazados con el sentido del lexema rector requieren un método conectado con la semántica de contexto.

Así que el conocimiento que describe este modelo es una clase de conocimiento semántico de contexto. Se trata de reconocer las palabras que están relacionadas, es decir, que están "más cercanas" semánticamente o que son "semánticamente compatibles". Por ejemplo, en la frase *Veo un hombre con lentes* no es claro si *lentes* está relacionado con *ver* o con *hombre*. La información semántica permite decidir que *lentes* está más próximo semánticamente de *ver* y no de *hombre*.

La idea del empleo de la red semántica es la siguiente, por ejemplo, consideremos las frases: *Me gusta beber licores con menta* y *Me gusta beber licores con mis amigos*. En ambas frases, la clase semántica del sustantivo final ayuda a resolver la ambigüedad, es decir con qué parte de la frase están enlazadas las frases preposicionales, *con menta* y *con mis amigos*. Ni *menta* ni *amigos* son palabras ambiguas pero *amigos* está más cercana semánticamente a *beber* que a *licores,* y *menta* está más cercana a *licor* que a *beber*. De esta forma se desambiguan los enlaces.

2.7 Uso de colocaciones para resolver ambigüedad sintáctica

Este proceso de resolver ambigüedad sintáctica utilizando colocaciones se basa en el modelo de *patrones de manejo* —descrito anteriormente—, debido a que el conocimiento lingüístico que utiliza el sistema para elegir el árbol sintáctico correcto es el diccionario de colocaciones extraído de un corpus.

El algoritmo de este proceso se describe a continuación:

1. Una vez que se tienen los árboles sintácticos posibles de la oración, se extraen todas las relaciones sintácticas (colocaciones) de cada uno de ellos.
2. Se buscan las relaciones sintácticas en el diccionario de colocaciones, sumando las frecuencias de todas ellas. Si la colocación no se encuentra, entonces su frecuencia es cero.

3. Se elige el árbol sintáctico que contenga la mayor suma de frecuencias de sus colocaciones.
4. Si el diccionario de colocaciones no tuviera frecuencias entonces se consideraría el valor cero si no existe la colocación y 1 si existe.

La idea presentada anteriormente para resolver ambigüedad sintáctica utilizando colocaciones no cubre los casos en que el número de relaciones sintácticas extraídas de los árboles sintácticos de una oración sea diferente.

2.8 Conclusiones

En este capítulo vimos que la ambigüedad se presenta en todos los niveles del lenguaje. Uno de los problemas principales de los sistemas de procesamiento de lenguaje natural es resolver la ambigüedad.

Los tres tipos principales de ambigüedad son léxica, semántica y sintáctica (o estructural). La ambigüedad sintáctica se presenta cuando se pueden obtener dos o más árboles sintácticos de una misma oración. Este tipo de ambigüedad es uno de los problemas más difíciles de resolver en sistemas de procesamiento de lenguaje natural.

Se presentó una idea de cómo resolver la ambigüedad sintáctica utilizando colocaciones, debido a que una de las aportaciones de esta tesis es un diccionario de colocaciones.

CAPÍTULO

3

Los formalismos sintácticos de constituyentes y de dependencias

Capítulo 3. Los formalismos sintácticos de constituyentes y de dependencias

3.1 Introducción

Se tiende a creer que las palabras componen una oración como una progresión en una sola dimensión. Sin embargo, la propiedad del lenguaje natural, que es de importancia central en la sintaxis, es que tiene dos dimensiones. La primera es explícita —el orden lineal de palabras— y la segunda es implícita —la estructura jerárquica de palabras—.

El orden lineal es lo mismo que la secuencia de las palabras en la oración. El papel de la estructura jerárquica se refiere a menudo como una dependencia. Podemos ejemplificarla con las siguientes frases:

Un niño pequeño en la casa
Un niño perdido en la casa

En la primera frase, el grupo de palabras *en la casa* se une al grupo *un niño* indicando el lugar donde se encuentra el niño, mientras que en la segunda frase el mismo grupo se une a *perdido* indicando cuál es su estado. Lo que hace la diferencia en las interpretaciones no es evidentemente un orden lineal puesto, que el grupo *en la casa* se encuentra en el final de ambas frases, ni tampoco se trata de la distancia lineal en las dos frases.

Tanto el orden lineal como la estructura jerárquica, aunque principalmente ésta última, son el tema principal en los formalismos para el análisis sintáctico que se presentan a continuación.

3.2 Formalismos de la lingüística computacional

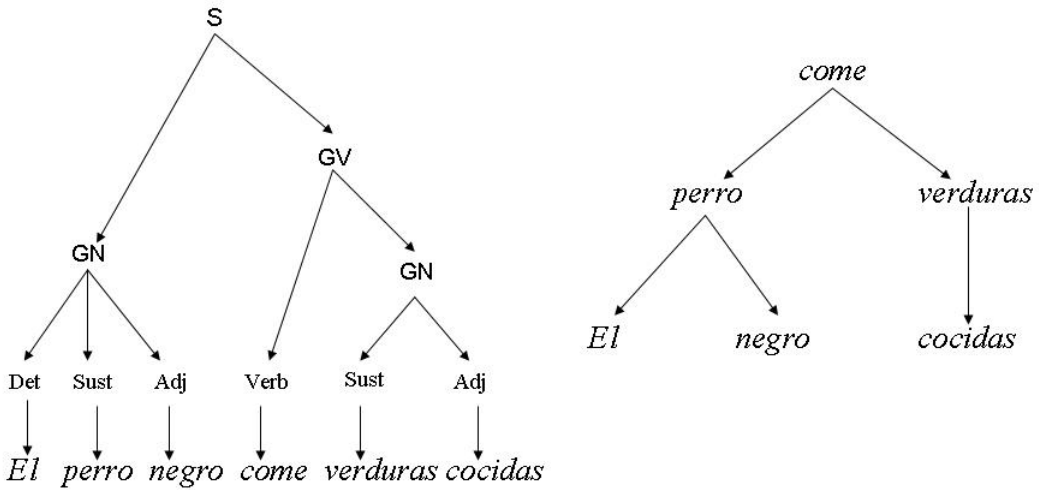
Consideramos los dos enfoques que por mucho tiempo se han considerado opuestos: la gramática generativa (constituyentes) cuyo principal representante es la teoría desarrollada por Chomsky en sus diversas variantes, y la tradición estructuralista europea (dependencias) que proviene de Tesniére, con el ejemplo más representativo, la teoría Sentido ⇔ Texto de I. A. Mel'čuk.

Siguiendo el paradigma de Chomsky, se han desarrollado muchos formalismos para la descripción y el análisis sintácticos. El concepto básico de la gramática generativa es simplemente un sistema de reglas que define de una manera formal y precisa un conjunto de secuencias (cadenas a partir de un vocabulario de palabras) que representan las oraciones bien formadas de un lenguaje específico. Las gramáticas bien conocidas en otras ramas de la ciencia de la computación, las expresiones regulares y las gramáticas libres de contexto, son gramáticas generativas también.

Chomsky y sus seguidores desarrollaron y formalizaron una teoría gramatical basada en la noción de generación (Chomsky 1965). El trabajo que se realiza en la gramática generativa descansa en la suposición acerca de la estructura de la oración que está organizada jerárquicamente en frases (y por consiguiente en estructura de frase). Un ejemplo de la segmentación y clasificación que se realiza en este enfoque se presenta en la figura 2A en el árbol de constituyentes para la frase "*El perro negro come verduras cocidas"*.

Un árbol de constituyentes revela la estructura de una expresión en términos de agrupamientos (bloques) de palabras, que consisten de bloques más pequeños, los cuales consisten de bloques aún más pequeños, etc. En un árbol de constituyentes, la mayoría de los nodos representan agrupamientos sintácticos o frases, y no corresponden a las formas de las palabras reales de la oración bajo análisis. Símbolos como S (oración), GN (grupo nominal), GV (grupo verbal), Sust (sustantivo), GP (grupo preposicional), etc. aparecen en los árboles de constituyentes como etiquetas en los nodos, y se supone que estas únicas etiquetas completamente determinan las funciones sintácticas de los nodos correspondientes.

En el enfoque de constituyentes(o estructura de frase), la categorización (la membresía de clase sintáctica) de las unidades sintácticas se especifica como una parte integral de la representación sintáctica, pero no se declaran explícitamente las relaciones entre unidades.



A) Árbol de constituyentes **B) Árbol de dependencias**

Figura 1. Estructuras sintácticas

Las gramáticas de dependencias se basan en la idea de que la sintaxis es casi totalmente una materia de capacidades de combinación, y en el cumplimiento de los requerimientos de las palabras solas. En el trabajo más influyente en este enfoque, el de Tesnière (1959), el modelo para describir estos fenómenos es semejante a la formación de moléculas, a partir de átomos, en la química. Como átomos, las palabras tienen valencias; están aptas para combinarse con un cierto número y clase de otras palabras, formando piezas más grandes de material lingüístico.

Las valencias de una palabra se rellenan con otras palabras, las cuales realizan dos tipos de funcionamiento: principales (denominadas actuantes) y auxiliares (denominados circunstanciales o modificadores). Las descripciones de valencias de palabras son el dispositivo principal para describir estructuras sintácticas en las gramáticas de dependencias.

La gramática de dependencias supone que hay comúnmente una asimetría entre las palabras de una frase: una palabra es la rectora, algunas otras son sus dependientes. Cada palabra tiene su rectora, excepto la raíz, pero no todas tienen dependientes. Por ejemplo, una palabra es *verduras*, la modificadora es *cocidas*. La palabra rectora raíz da origen a la construcción total y la determina. Las dependientes se ajustan a las demandas sobre la construcción, impuestas por la rectora. La diferencia entre rectoras y dependientes se refleja por la jerarquía de nodos en el árbol de dependencias.

Las gramáticas de dependencia, como las gramáticas de constituyentes, emplean árboles a fin de describir la estructura de una frase u oración completa. Mientras la gramática de constituyentes asocia los nodos en el árbol con constituyentes mayores o menores y usa los arcos para representar la relación entre una parte y la totalidad, todos los nodos en un árbol de dependencias representan palabras elementales y los arcos denotan las relaciones directas sintagmáticas entre esos elementos (Figura 2B).

Las teorías de constituyentes y las gramáticas de dependencias se han desarrollado en paralelo. Ambas han marcado la forma en la que se concibe la sintaxis en el procesamiento lingüístico de textos. A lo largo de casi cuarenta años, muchos formalismos se han desarrollado dentro de ambos enfoques de una manera muy diferente. A continuación presentamos un panorama del desarrollo de éstos.

3.2.1 Formalismos de constituyentes

Chomsky (1957) presentó una versión inicial de la Gramática Generativa Transformacional (GGT), gramática en la cuál la sintaxis se conoce como sintaxis generativa. Una de las características del análisis presentado ahí y en subsecuentes trabajos transformacionales, es la inclusión de postulados explícitos formales en las reglas de producción, cuyo único propósito es generar todas las oraciones gramaticales del lenguaje bajo estudio, es decir, del inglés.

La gramática transformacional inicial influyó, a las teorías posteriores, en el énfasis en la formulación precisa de las hipótesis, característica primordial en el enfoque de constituyentes. Ejemplos de las reglas de producción que se emplean para

esa formulación precisa son las siguientes, con las cuales se construyó el árbol de la Figura 2A:

S → GN GV	Adj → *negro* | *cocidas*
GV → Verb GN	Sust → *perro* | *verduras*
GN → Det Sut Adj | Sust Adj	Verb → *come*
	Det → *El*

La flecha significa que se reescribe como, es decir, el elemento de la izquierda se puede sustituir con el agrupamiento completo de la derecha. Por ejemplo, una oración (S) se puede reescribir como un grupo nominal (GN) seguido de un grupo verbal (GV). Un GN puede reescribirse como un artículo (Det) seguido de un sustantivo (Sust) y un adjetivo (Adj). Un grupo verbal puede sustituirse con un verbo (Verb) seguido de un grupo nominal. Todos los elementos que no han sido sustituidos por palabras específicas se denominan no-terminales (GV, S, etc.), y los elementos del lenguaje específico se denominan terminales (*perro*, *verduras*, etc.).

Este tipo de reglas corresponde a una gramática independiente del contexto. Esto se debe a que los elementos izquierdos de las reglas solamente contienen un elemento no terminal y por lo tanto no se establece el contexto en el que deben aparecer. Este tipo de gramáticas es el segundo tipo de gramáticas menos restrictivas en la clasificación de Chomsky, que pueden analizarse con un autómata de pila, y para las cuales existen algoritmos de análisis eficientes (Aho *et al.* 1986).

Chomsky dio varios argumentos para mostrar que se requería algo más que las solas reglas de estructura de frase para dar una descripción razonable del inglés, y por extensión, de cualquier lenguaje natural, por lo que se requerían las transformaciones, es decir, reglas de tipos más poderosos.

La GGT define oraciones gramaticales de una manera indirecta. Las estructuras aquí denominadas *subyacentes* o *base* se generan mediante un sistema de reglas de estructura de frase y después se aplican sucesivamente las reglas transformacionales para mapear esas estructuras de frase a otras estructuras de frase. Esta sucesión se llama *derivación transformacional* e involucra una secuencia de estructuras de frase, de una estructura base a una estructura de frase denominada *estructura superficial*, cuya

cadena de palabras corresponde a una oración del lenguaje. Desde este punto de vista, las oraciones del lenguaje son aquellas que pueden derivarse de esta manera.

Una propuesta clave en las gramáticas transformacionales, en todas sus versiones, es que una gramática empíricamente adecuada requiere que las oraciones estén asociadas no con una sola estructura de árbol sino con una secuencia de árboles, cada una relacionada a la siguiente por una transformación. Las transformaciones se aplican de acuerdo a reglas particulares en forma ordenada; en algunos casos las transformaciones son obligatorias.

Otro punto muy importante de la GGT fue el tratamiento del sistema de verbos auxiliares del inglés, el análisis más importante en esta teoría.

La GGT inicial se transformó con base a los cambios propuestos en los trabajos de Katz y Postal (1964) y de Chomsky (1965). La teoría resultante fue La Teoría Estándar (Standard Theory, ST). Entre esos cambios, la ST introdujo el uso de reglas recursivas de estructura de frase para eliminar las transformaciones que combinaban múltiples árboles en uno solo, y la inclusión de características sintácticas para considerar la subcategorización. Otra aportación fue la adición de una componente semántica interpretativa a la teoría de la gramática transformacional.

Chomsky abandonó algunas ideas de la ST y propuso la Teoría Estándar Ampliada (The Extended Standard Theory, EST), una teoría muy reducida en transformaciones, y en su lugar se mejoraron otras componentes de la teoría para mantener la capacidad descriptiva. Además de nuevos tipos de reglas semánticas, introdujeron la esquematización de reglas de estructura de frase, y una concepción mejorada del diccionario, incluyendo reglas léxicas. Estas modificaciones se han trasladado a muchos trabajos contemporáneos.

La EST presentó dos modificaciones esenciales:

– El modelo de interpretación semántica debe considerar el conjunto de árboles engendrados por las transformaciones a partir de la estructura profunda.

– El modelo incluye una etapa de inserción léxica antes de la aplicación de las transformaciones. Así que sólo existen dos tipos de reglas: las gramaticales y las de inserción léxica.

Las teorías siguientes a partir de la EST buscaron sobre todo resolver las cuestiones metodológicas debidas a la sobrecapacidad del modelo. Salomaa (1971) y Peters y Ritchie (1973) demostraron que el modelo transformacional era equivalente a una gramática sin restricciones.

De hecho, después de varios años de trabajo, estaba claro que las reglas transformacionales eran muy poderosas y se permitían para toda clase de operaciones que realmente nunca habían sido necesarias en las gramáticas de lenguajes naturales, por lo que el objetivo de restringir las transformaciones se volvió un tema de investigación muy importante.

Con base a esto, Bresnan (1978) presenta la Gramática Transformacional Realista que por primera vez proveía un tratamiento convincente de numerosos fenómenos, como la posibilidad de tener forma pasiva en términos léxicos y no en términos transformacionales. Este paso de Bresnan fue seguido por otros investigadores para tratar de eliminar totalmente las transformaciones en la teoría sintáctica.

Otra circunstancia en favor de la eliminación de las transformaciones fue la introducción de la Gramática de Montague (1970, 1974), ya que al proveer nuevas técnicas para la caracterización de los sentidos, directamente en términos de la estructura superficial, eliminaba la motivación semántica para las transformaciones sintácticas. Con el empleo de métodos de análisis semántico como el de Montague, se podían asignar formalmente distintas estructuras superficiales a distintas, pero equivalentes interpretaciones semánticas; de esta manera, se consideraba la semántica sin necesidad de las transformaciones.

Es así como a fines de la década de los setenta y principios de los ochenta surgen los formalismos generativos donde las transformaciones, si existen, tienen un papel menor. Los más notables entre éstos son: Government and Binding (GB), Generalized Phrase Structure Grammar (GPSG), Lexical-Functional Grammar (LFG) y

Head-Driven Phrase Structure Grammar (HPSG), que indican los caminos que han llevado al estado actual en el enfoque de constituyentes.

3.2.1.1 Rección y ligamento (GB)

Esta teoría apareció por primera vez en el libro Lectures on Government and Binding de Chomsky (1982). El objetivo primordial de la GB, como mucho del trabajo de Chomsky, fue el desarrollo de una teoría de la gramática universal. La GB afirma que muchos de los principios que integran esta teoría están parametrizados, en el sentido de que los valores varían dentro de un rango limitado. La GB afirma que todos los lenguajes son esencialmente semejantes y que el conocimiento experimental con un lenguaje particular o con otro es una clase de fina sintonización dentro de un rango determinado, es decir, con unos pocos parámetros restringidos de posible variación.

La noción que adquiere un papel preponderante en el enfoque de constituyentes es una noción muy importante de la Gramatical Universal, la restricción. La suposición en que se basa esta teoría y que es compartida por muchas otras, es que cualquier cosa es posible y que los datos faltantes en la oración reflejan la operación de alguna restricción. El área más activa de investigación sintáctica desde los inicios de los ochenta ha sido precisamente resolver los detalles de este programa ambicioso.

En la GB se sigue el desarrollo del estilo modular de la EST, dividiendo la teoría de la gramática en un conjunto de subteorías, cada una con su propio conjunto universal de principios. Aunque la GB aún utiliza las derivaciones transformacionales para analizar oraciones, reduce la componente transformacional a una sola regla (Move-α), que puede mover cualquier elemento a cualquier lugar. La idea es que los principios generales filtren la mayoría de las derivaciones previniendo la sobregeneración masiva que pudiera ocurrir.

3.2.1.2 Gramática de estructura de frase generalizada (GPSG)

La Gramática de Estructura de Frase Generalizada (*Generalized Phrase Structure Grammar*, GPSG) fue iniciada por Gerald Gazdar en 1981, y desarrollada por él y un

grupo de investigadores, integrando ideas de otros formalismos; la teoría se expone detalladamente en (Gazdar *et al*. 1985).

La idea central de la GPSG es que las gramáticas usuales de estructura de frase independientes del contexto pueden mejorarse en formas que no enriquecen su capacidad generativa pero que las hacen adecuadas para la descripción de la sintaxis de lenguajes naturales. Al situar la estructura de frase, otra vez, en un lugar principal consideraban que los argumentos que se habían aducido contra las CFG, como una teoría de sintaxis, eran argumentos relacionados con la eficiencia o la elegancia de la notación y no realmente en cuanto a la cobertura del lenguaje.

La GPSG propone sólo un nivel sintáctico de representación que corresponde a la estructura superficial, y reglas que no son de estructura de frase en el sentido en que no están en una correspondencia directa con partes del árbol. Entre otras ideas importantes originadas en la teoría está la separación de las reglas en reglas de dominancia inmediata (reglas ID, *Immediate Dominance*) que especifican solamente las frases que pueden aparecer como nodos en un árbol sintáctico, y las reglas de precedencia lineal (reglas LP, *Linear Precedence*) que especifican restricciones generales que determinan el orden de los nodos en cualquier árbol.

Una consideración importante en las reglas, es que puede describirse información gramatical. Esta información gramatical codificada se toma como restricción en la admisibilidad en los nodos.

Esta teoría incluye la consideración del h-núcleo en las reglas, y de categorías. Las categorías son un conjunto de pares característica - valor. Las características tienen dos propiedades: tipos de valores y regularidades distribucionales (compartidos con otras características). La GPSG es de hecho una teoría de cómo la información sintáctica fluye dentro de la estructura. Esta información está codificada mediante características sintácticas. Todas la teorías sintácticas emplean características en diferentes grados, pero en la GPSG se emplean principios para el uso de características. Los principios determinan cómo se distribuyen las características en el árbol, o restringen la clase de categorías posibles.

Otra idea importante en la GPSG es el tratamiento de las construcciones de dependencia a largas distancias, incluyendo las construcciones de llenado de faltantes (*filling gap*) como: topicalización, preguntas con Wh y cláusulas relativas. Este fenómeno estaba considerado como totalmente fuera del alcance de las gramáticas sin transformaciones. En las dependencias a larga distancia, sin límite, existe una relación entre dos posiciones en la estructura sintáctica, relación que puede alargarse.

El resultado más importante del análisis en la GPSG es que pudo manejar construcciones que se pensaba sólo podían describirse con la ayuda de las transformaciones. En este formalismo las transformaciones no figuran en ningún sentido en la teoría; es más, sin transformaciones de las dependencias de llenado de faltantes tuvo éxito en estos fenómenos donde la teoría transformacional había fallado.

3.2.1.3 Gramática léxica funcional (LFG)

La teoría de la Gramática Léxica Funcional (*Lexical Functional Grammar*, LFG) desarrollada por Bresnan (1982) y Darlymple (1995) comparte con otros formalismos la idea de que conceptos relacionales, como sujeto y objeto, son de importancia central y no pueden definirse en términos de estructuras de árboles. La LFG considera que hay más en la sintaxis de lo que se puede expresar con árboles de estructura de frase, pero también considera la estructura de frase como una parte esencial de la descripción gramatical.

La teoría se ha centrado en el desarrollo de una teoría universal de cómo las estructuras de constituyentes se asocian con los objetos sintácticos. La LFG toma esos objetos sintácticos como primitivas de la teoría, en términos de las cuales se establecen una gran cantidad de reglas y condiciones.

En la LFG, hay dos niveles paralelos de representación sintáctica: la estructura de constituyentes (estructura-C) y la estructura funcional (estructura-F). La primera tiene la forma de árboles de constituyentes independientes del contexto. La segunda es un conjunto de pares de atributos y valores donde los atributos pueden ser características como tiempo y género, u objetos sintácticos como sujeto y objeto. En la LFG se considera que la estructura-F despliega los objetos sintácticos. De esta manera se establecen las relaciones entre estructuras.

En la LFG cada frase se asocia con estructuras múltiples de distintos tipos, donde cada estructura expresa una clase diferente de información acerca de la frase. Siendo las dos representaciones principales las mencionadas estructura funcional y estructura de constituyentes (similar a la estructura superficial de la ST). Los principios generales y las restricciones de construcción específica definen las posibles parejas de estructuras funcionales y de constituyentes. La LFG reconoce un número más amplio de niveles de representación. Tal vez los más notables entre éstos son las estructuras-σ, que representan aspectos lingüísticamente relevantes del sentido, y la estructura-a que sirve para enlazar argumentos sintácticos con aspectos de sus sentidos (Bresnan 1995) y que codifica información léxica acerca del número de argumentos, su tipo sintáctico y su organización jerárquica, necesarios para realizar el mapeo a la estructura sintáctica.

Todos los elementos léxicos se insertan en estructuras-c en forma totalmente flexionada. Debido a que en la LFG no hay transformaciones, mucho del trabajo descriptivo que se hacía con transformaciones se maneja mediante un diccionario enriquecido, una idea importante de la LFG. Por ejemplo, la relación activa-pasiva se determina solamente por un proceso léxico que relaciona formas pasivas del verbo a formas activas, la cuál en lugar de tratarse como una transformación se maneja en el diccionario como una relación léxica entre dos formas de verbos.

En las LFG iniciales, la relación activa-pasiva fue codificada en términos de reglas léxicas, trabajo subsecuente ha buscado desarrollar una concepción más abstracta de las relaciones léxicas en términos de una teoría de mapeo léxico (TML). La TML provee restricciones en la relación entre estructuras-F y estructuras-A, es decir, restricciones asociadas con argumentos particulares que parcialmente determinan su función gramatical. Contiene también mecanismos con los cuales los argumentos pueden suprimirse en el curso de la derivación léxica. En la LFG la información de las entradas léxicas y las marcas de la frase se unifican para producir las estructuras funcionales de expresiones complejas.

3.2.1.4 Gramática de estructura de frase dirigida por el núcleo (HSPG)

La Gramática de Estructura de Frase dirigida por el h-núcleo (*Head-driven Phrase Structure Grammar*, HPSG) iniciada en (Pollard & Sag 1987) y revisada en (Pollard & Sag 1994) evolucionó directamente de la GPSG, para modificarla incorporando otras ideas y formalismos de los años ochenta. El nombre se modificó para reflejar el hecho de la importancia de la información codificada en los núcleos-h léxicos de las frases sintácticas, es decir, de la preponderancia del empleo de la marca *head* en el subconstituyente *hijo* principal.

En la HPSG se consideró que no había nada de especial en los sujetos salvo que era el menos oblicuo de los complementos que el H-núcleo selecciona. Para la GB el sujeto difiere de los complementos en la posición que tiene en el árbol de proyecciones. Esta consideración empezó a cambiar en la revisión de 1994 de la HPSG, basándose en los trabajos de Borsley (1990), donde se considera el sujeto en forma separada.

La HPSG en (Pollard & Sag 1994) amplía el rango de los tipos lingüísticos considerados, los signos consisten no solamente de la forma fonética sino de otros atributos o características, con la finalidad de tratar una mayor cantidad de problemas empíricos. En esta teoría los atributos de la estructura lingüística están relacionados mediante una estructura compartida. De acuerdo a principios especiales introducidos en la teoría, las características principales de los h-núcleos y algunas de las características de los nodos hijos se heredan a través del constituyente abarcador.

El principal tipo de objeto en la HPSG es el signo (correspondiente a la estructura de características clase *sign*), y lo divide en dos subtipos disjuntos: los signos de frase (tipo frase) y los signos léxicos (tipo palabra). Las palabras poseen como mínimo dos atributos: uno fonético PHON (representación del contenido de sonido del signo) y otro SYNSEM (compuesto de información lingüística tanto sintáctica como semántica). Con los atributos y valores de estos objetos se crea una estructura de características.

De acuerdo a principios especiales introducidos en la teoría, las características principales de los h-núcleos y algunas de las características de los nodos hijos se heredan a través del constituyente abarcador.

Las frases tienen un atributo DAUGHTERS (DTRS), además de PHON y SYNSEM, cuyo valor es una estructura de características de tipo estructura de constituyentes (con-struc) que representa la estructura de constituyentes inmediatos de la frase. El tipo con-struc tiene varios subtipos caracterizados por las clases de hijos que aparecen en la frases. El tipo más simple y más empleado es el head-struc que incluye HEAD-DAUGHTERS (HEAD-DTR) y COMPLEMENT-DAUGHTERS (COMP-DTRS), que a su vez tienen atributos PHON y SYNSEM.

Un punto importante en la HPSG es que tiene varios principios: de constituyencia inmediata de las frases (proyección de los núcleos-H), de subcategorización, de semántica, etc., que realmente son restricciones disyuntivas. En la HPSG se considera que hay dos tipos de restricciones: de la gramática universal y de la gramática particular, así que las expresiones gramaticales de un lenguaje particular dependen de las interacciones entre un sistema complejo de restricciones universales y particulares.

Para tratar los diversos fenómenos que en la GPSG se consideraron como dependencias sin límite, la HPSG emplea dos principios de la gramática universal (de realización de argumentos y el principio de faltantes) y una restricción del lenguaje particular (la condición sujeto).

En la HPSG, el diccionario (un sistema de entradas léxicas) corresponde a restricciones de la gramática particular. Cada palabra en el diccionario tiene información semántica que permite combinar el sentido de palabras diferentes en una estructura coherente unida.

Algunas de las ideas clave en la HPSG son entonces:

1. Arquitectura basada en signos lingüísticos.
2. Organización de la información lingüística mediante tipos, jerarquías de tipos y herencia de restricciones.
3. La proyección de frases mediante principios generales a partir de información con abundancia léxica.
4. Organización de esa información léxica mediante un sistema de tipos léxicos.

5. Factorización de propiedades de frases en construcciones específicas y restricciones más generales.

3.2.2 Formalismos de dependencias

Mel'čuk (1979) explicó que un lenguaje de constituyentes describe muy bien cómo los elementos de una expresión en lenguaje natural combinan con otros elementos para formar unidades más amplias de un orden mayor, y así sucesivamente. Un lenguaje de dependencias, por el contrario, describe cómo los elementos se relacionan con otros elementos, y se concentra en las relaciones entre unidades últimas sintácticas, es decir, entre palabras.

La estructura de un lenguaje también se puede describir mediante árboles de dependencias, los cuales presentan las siguientes características:

- Muestra cuáles elementos se relacionan con cuáles otros y en que forma.
- Revela la estructura de una expresión en términos de ligas jerárquicas entre sus elementos reales, es decir, entre palabras.
- Se indican explícitamente los roles sintácticos, mediante etiquetas especiales.
- Contiene solamente nodos terminales, no se requiere una representación abstracta de agrupamientos.

Con las dependencias se especifican fácilmente los tipos de relaciones sintácticas. Pero la membresía de clase sintáctica (categorización) de unidades de orden más alto (GN, GP, etc.) no se establece directamente dentro de la representación sintáctica misma, así que no hay símbolos no-terminales en representaciones de dependencias.

Una gramática cercana a este enfoque de dependencias es la Gramática Relacional (*Relational Grammar*, RG) (Perlmutter 1983) que adopta primitivas que son conceptualmente muy cercanas a las nociones relacionales tradicionales de sujeto, objeto directo, y objeto indirecto. Las reglas gramaticales de la RG se formularon en términos relacionales, reemplazando las formulaciones iniciales, basadas en configuraciones de árboles. Por ejemplo, la regla pasiva se establece más en términos

de promover el objeto directo al sujeto, que como un rearreglo estructural de grupos nominales.

Muy pocas gramáticas de dependencia han sido desarrolladas recientemente (Fraser 1994, Lombardi & Lesmo 1998). A continuación, describimos los formalismos más representativos: Dependency Unification Grammar (DUG), Word Grammar (WG) y *Meaning* ⇔ *Text Theory* (MTT).

3.2.2.1 Gramática de unificación de dependencias (DUG)

La historia de la Gramática de Unificación de Dependencias (*Dependency Unification Grammar*) (Hellwig 1986) comienza al inicio de los años setenta con el desarrollo del sistema llamado PLAIN (Hellwig 1980) aplicando diferentes métodos para la sintaxis y la semántica, y combinando una descripción sintáctica basada en dependencias llamada Gramática de Valencias con Transformaciones para simular relaciones lógico-semánticas. Desde los inicios empleó categorías complejas con atributos y valores, y un mecanismo de subsumisión para establecer la concordancia. En los años ochenta enfatizó su filiación a las gramáticas de unificación resultando en la DUG. Desde entonces tanto PLAIN como DUG se han aplicado en diversos proyectos y se han ido modificando.

La noción de unificación corresponde a la idea de unión de conjuntos, para la mayoría de los propósitos. La unificación es una operación para combinar o mezclar dos elementos en uno solo que concuerde con ambos. Esta operación tiene gran importancia en estructuras de rasgos (género, etc.). La unificación difiere en que falla si algún atributo está especificado con valores en conflicto, por ejemplo: al unificar dos atributos de número dónde uno es plural y otro es singular (Briscoe & Carroll 1993).

Tres conceptos son los más importantes en esta teoría como gramática de dependencias: el lexicalismo, los complementos y las funciones.

Por lexicalismo se considera la suposición de que la mayoría de los fenómenos en un lenguaje dependende de los elementos léxicos individuales, suposición que es válida para la sintaxis (igualando los elementos léxicos con las palabras). Los complementos son importantes para establecer todas las clases de propiedades y relaciones entre objetos en el mundo verdadero. La importancia de las funciones entre

otras categorías sintácticas está relacionada en el sentido de que cada complemento tiene una función específica en la relación semántica establecida por el h-núcleo. La función concreta de cada complemento establece su identidad y se hace explícita por una explicación léxica, por ejemplo: el verbo persuadir requiere un complemento que denote al persuasor, otro complemento que denote la persona persuadida y aún otro que denote el contenido de la persuasión.

En la DUG, una construcción sintáctica estándar consiste de un elemento h-núcleo y un número de constituyentes que completan a ese elemento h-núcleo. Para este propósito se necesitan palabras que denoten la propiedad o relación, y expresiones que denoten las entidades cualificadas o relacionadas. La morfología y el orden de palabras marcan los roles de los constituyentes respectivos en una oración. En ausencia de complementos, el rector, es decir el verbo, está insaturado. Sin embargo, es posible predecir el número y la clase de construcciones sintácticas que son adecuadas para complementar cada palabra rectora particular.

Como la DUG se ha aplicado principalmente al alemán considera el orden de palabras en el árbol de dependencias. Este árbol difiere de los árboles usuales de gramáticas de dependencias en que los nodos tienen etiquetas múltiples. El orden de palabras es entonces otro atributo Se examina el orden lineal de los segmentos que se asocian a los nodos del árbol de dependencias. DUG considera características de posición con valores concretos que se calculan y se sujetan a la unificación.

3.2.2.2 Gramática de palabras (WG)

La Gramática de Palabras (*Word Grammar*, WG), para su autor Hudson (1984), es una teoría general de la estructura del lenguaje, y aunque sus bases son lingüísticas y más específicamente gramaticales, considera que su mayor intención es contribuir a la psicología cognitiva, ya que ha desarrollado la teoría desde el inicio con el propósito de integrar todos los aspectos del lenguaje en una teoría que sea compatible con lo que se conoce acerca de la cognición general, aunque este objetivo no se ha logrado todavía.

Hudson ve la WG como una teoría del lenguaje en forma cognitiva, como una red que contiene tanto la gramática como el diccionario y que integra el lenguaje con el resto

de la cognición. La semántica en WG sigue a Lyons (1977), Halliday (1967, 1968) y Fillmore (1976) en lugar de seguir la lógica formal.

La suposición de la WG es que el lenguaje puede analizarse y explicarse en la misma forma que otras clases de conocimiento o comportamiento. Como su nombre lo sugiere, la unidad central de análisis es la palabra. Las palabras son las únicas unidades de la sintaxis, y la estructura de la oración consiste totalmente de las dependencias entre palabras individuales, por lo que la WG es claramente parte de la tradición de gramáticas de dependencias.

Una segunda versión, la *English Word Grammar* (EWG) (Hudson 1990) introduce cambios importantes para detallar el análisis, la terminología y la notación, en lo que concierne a la teoría sintáctica, con la adición de una estructura superficial y la virtual abolición de características.

La mayor parte del trabajo en la WG trata de la sintaxis, aunque también se ha desarrollado cierto trabajo en la semántica, y algo más tentativo en la morfología (Hudson 1998). Para la WG las palabras no nada más son las unidades más grandes de la sintaxis, sino que también son las unidades más pequeñas, por lo que las estructuras sintácticas no pueden separar bases e inflexiones; esto hace que la WG sea un ejemplo de sintaxis independiente de la morfología.

3.2.2.3 Teoría texto ⇔ Significado (MMT)

La Teoría Texto ⇔ Significado (*Meaning* ⇔ *Text Theory*, MTT), desde el ensayo en la publicación (Mel'čuk & Zholkovsky 1970) ha sido elaborada y refinada en diversos artículos y libros. La concepción de cómo los significados léxicos interactúan con las reglas sintácticas es de las mejor desarrolladas y con más principio en la literatura.

La meta de la teoría es modelar la comprensión del lenguaje como un mecanismo que convierta los significados en los textos correspondientes y los textos en los significados correspondientes, aunque no hay una correspondencia de uno a uno, ya que el mismo significado puede expresarse mediante diferentes textos, y un mismo texto puede tener diferentes significados.

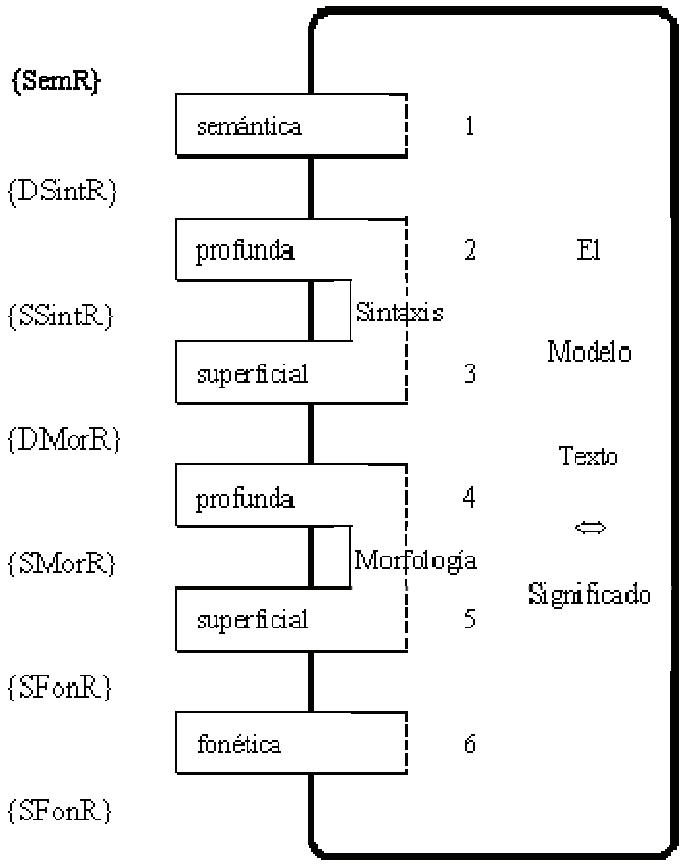


Figura 2. Niveles de Representación en la MTT[1].

La MTT emplea un mayor número de niveles de representación; tanto la sintaxis como la morfología y la fonología se dividen en dos niveles: profundo (D) y superficial (S). Bajo estos términos, la morfología profunda (DMorR) es más superficial que la sintaxis superficial (SSintR). Las nociones de profundo y más superficial significan que conforme progresa la representación de la semántica a la fonología superficial (SFonR) se vuelve más y más, detallada y específica del lenguaje.

La MTT es un sistema estratificado. Cada oración se caracteriza simultáneamente por siete diferentes representaciones, en donde cada una específica la oración desde la perspectiva del nivel correspondiente. Cada nivel de representación se mapea al adyacente mediante una de las seis componentes de la MTT. En la figura 3 se muestran estos siete niveles, como en (Mel'čuk 1988).

[1] Imagen tomada de (Galicia-Haro 2000).

Cada nivel de representación se considera como un lenguaje separado en el sentido de que tiene su propio vocabulario diferente y reglas distintas de combinación. La transición de un nivel a otro es un proceso de tipo traducción que involucra el cambio tanto de los elementos como de las relaciones entre ellos, pero que no cambia el contenido informativo de la representación.

Los siguientes tres conjuntos de conceptos y términos son esenciales en la MTT en su aproximación a la sintaxis:

- Una situación y sus participantes (actuantes).
- Una palabra y sus actuantes semánticos que forman la valencia semántica de la palabra.
- Una palabra y sus actuantes sintácticos que forman la valencia sintáctica de la palabra.

La situación, en esta teoría, significa un bloque de la realidad reflejada por la lexis de un lenguaje dado. Los actuantes semánticos de una situación deben y pueden determinarse sin ningún recurso de la sintaxis, y corresponden a esas entidades cuya existencia está implicada por su significado léxico. Por ejemplo, para Mel'cuk (1988) la diátesis es la correspondencia entre los actuantes: semánticos, de la sintaxis profunda, y de la sintaxis superficial.

Los actuantes semánticos y los roles temáticos son similares, aunque los roles temáticos siguiendo la tradición de los constituyentes tratan de generalizar los participantes y la MTT los particulariza, describiéndolos para cada verbo específico.

La MTT usa la noción de valencia sintáctica, es decir, la totalidad de los actuantes sintácticos de la palabra; esta noción es similar a la característica de subcategorización de la vieja gramática transformacional y a los argumentos de la teoría X-barra. La diferencia es que la valencia sintáctica se define independientemente de, y en yuxtaposición a, la valencia semántica. Esto hace posible usar claramente consideraciones semánticamente especificadas en la definición de la valencia sintáctica y marcar una diferencia entre ellas y las consideraciones sintácticas.

3.2.3 Formalismos mixtos

En los años setenta los términos lexicismo y lexicalismo se utilizaron para describir la idea de emplear reglas léxicas para capturar fenómenos que eran analizados previamente por medio de transformaciones. Por ejemplo, mediante una regla léxica se podía obtener a partir de un verbo una forma de adjetivo, de pelear obtener peleonero. Por lo que se establecía que las reglas sintácticas no debían hacer referencia a la composición interna morfológica. El lexicalismo ahora, en forma muy burda, puede considerarse como una aproximación para describir el lenguaje, que enfatiza el diccionario a expensas de las reglas gramaticales.

Resulta engañosa esta caracterización inicial porque el lexicalismo cubre un rango amplio de aproximaciones y teorías que capturan este énfasis léxico en formas muy diferentes. Por ejemplo, dos enfoques principales son: que tanta información como sea posible acerca de la buena formación sintáctica esté establecida en el diccionario, y que las reglas sintácticas no deben manipular la estructura interna de las palabras.

El lexicalismo estricto para Sag y Wasow (1999) es que las palabras, formadas de acuerdo a una teoría léxica independiente, son los átomos de la sintaxis. Su estructura interna es invisible a las restricciones sintácticas. Para él, el lexicalismo radical define que todas las reglas gramaticales se ven como generalizaciones sobre el diccionario. El principio de lexicalismo estricto, para este autor, tiene su origen en el trabajo de Chomsky (1970), quien desafió los intentos previos para derivar nominalizaciones (por ejemplo, la compra de una pelota por el niño) a partir de cláusulas (por ejemplo, el niño compró una pelota) vía transformaciones sintácticas.

Aunque el lexicalismo originalmente se vio relacionado con la reducción de potencia y capacidad de las reglas transformacionales, actualmente se ve de una forma más general relacionada a la reducción de la potencia y capacidad de las reglas sintácticas de cualquier clase, y por lo tanto con un énfasis mayor en los diccionarios.

Los formalismos de constituyentes en su evolución han ido modificando conceptos que los aproximan a las dependencias. La LFG mantuvo la representación de estructura de frase para representar la estructura sintáctica de superficie de una oración, pero tuvo que introducir la estructura funcional para explicar explícitamente los objetos

sintácticos, la cuál es esencialmente una especificación de relaciones de dependencia sobre el conjunto de lexemas de la oración que se describe.

La RG constituye una desviación decisiva de la estructura de frase hacia las dependencias, al establecer que los objetos sintácticos deben considerarse como nociones primitivas y deben figurar en las representaciones sintácticas. La relación gramatical, como ser el sujeto de, o ser el objeto directo de, es una clase de dependencia sintáctica.

La HPSG, en su última versión (Sag & Wasow 1999) está formulada en términos de restricciones independientes del orden. Como heredera del enfoque de constituyentes incluye restricciones en sustitución de las transformaciones, pero se basa en la observación de la reciente literatura psicolingüística de que el procesamiento lingüístico humano de la oración tiene una base léxica poderosa: las palabras tienen una información enorme, por lo que ciertas palabras clave tienen un papel de pivotes en el procesamiento de las oraciones que las contienen, esta noción está presente en la MTT desde sus inicios. También la Word Grammar (Hudson 1984) y el *Word Expert Parser* (Small 1987) proclaman esta base psicolingüista.

Esta observación modifica el concepto de estructura de frase en la HPSG, donde la noción de estructura de frase se construye alrededor del concepto h-núcleo léxico, una sola palabra cuya entrada en el diccionario especifica información que determina propiedades gramaticales cruciales de la frase que proyecta. Entre esas propiedades se incluye la información de POS (los sustantivos proyectan grupos nominales, los verbos proyectan oraciones, etc.) y relaciones de dependencias (todos los verbos requieren sujeto en el inglés, pero los verbos difieren sistemáticamente en la forma en que seleccionan complementos de objeto directo, complementos de cláusula, etc.).

El lexicalismo, a nuestro entender, representa la convergencia en los enfoques de constituyentes y de dependencias. Aunque las dependencias, desde su origen le han dado una importancia primordial a las palabras y a las relaciones léxicas entre ellas, el enfoque de constituyentes vía el lexicalismo considera, en su versiones más recientes (por ejemplo la última revisión a la HPSG), muchos de los conceptos de aquellas.

3.3 Comparación de los formalismos sintácticos

A pesar de la discusión de cuarenta años en la literatura, no hay consenso en cuanto a cual formalismo es mejor. Aunque los formalismos combinados tales como HPSG (Sag *et al*. 2003) que se han propuesto, parecen llevar la herencia de las ventajas así como las desventajas de ambos enfoques, éstas últimas impiden su uso amplio en la práctica del procesamiento de lenguaje natural. La utilización de uno de los dos acercamientos depende probablemente de la tarea a realizar.

Desde el punto de vista de implementación, los formalismos gramaticales tienen una importante influencia sobre la forma de representación de las frases, representaciones que son la base de todo el razonamiento posterior en los programas informáticos. Las gramáticas generativas son inadecuadas relativamente para este fin y no tuvieron aplicación real en informática. De entre ellas, la GPSG es la extensión más interesante por su ambición de tratar los aspectos semánticos.

En la evolución de las gramáticas generativas, éstas se tuvieron que aumentar para incluir la concordancia y en algunas versiones se consideró la unificación de los rasgos. Una característica fundamental de las gramáticas funcionales, como la LFG, es que permiten integrar aspectos semánticos, en este sentido constituyeron uno de los ejes de investigación más importantes. Pusieron de relieve también la importancia primordial del léxico dentro de las descripciones lingüísticas.

Ninguno de los formalismos hasta ahora desarrollados abarca todos los fenómenos lingüísticos, es decir, no tiene una cobertura amplia del lenguaje. El fenómeno de dependencias lejanas motivó una cantidad significante de investigación en los formalismos gramaticales. En la gramática generativa en su primera etapa, se manejaron fuera de la CFG. La LFG y la GPSG propusieron métodos de capturar las dependencias con el formalismo de CFG, empleando rasgos o características. Otra línea ha sido tratar de definir nuevos formalismos que sean más poderosos que la CFG y que puedan manejar dependencias lejanas, como las TAG.

La última tendencia es en formalismos más orientados hacia los mecanismos computacionales, como la HPSG, la CG, la DUG. Las dos primeras emplean

información de subcategorización extensivamente y haciéndolo simplifican de manera significativa la CFG a expensas de un diccionario más complicado. En la DUG, como en las gramáticas de dependencias, se definen todos los objetos de las palabras, por lo que los diccionarios son el elemento central ya que no se emplean reglas.

3.4 Conclusiones

Como vimos anteriormente, existen dos formalismos principales para la representación de la estructura sintáctica de una oración: constituyentes (o estructura de frase) y dependencias. Ambos tipos utilizan árboles para representar la estructura de frase de una oración, aunque el significado de los nodos y sus relaciones en el árbol son diferentes.

La representación de dependencias simplifica grandemente algunas tareas con respecto a la de constituyentes. Por ejemplo:

– En lexicografía, recopilar estadísticas sobre la combinación sintáctica de palabras individuales (*leer un libro* y *martillar un clavo* contra **leer un clavo* y **martillar un libro*) es trivial bajo la representación de dependencias: sólo se cuentan las frecuencias de los arcos que conectan los casos de dos palabras dadas en un corpus. Uno de muchos usos de tales estadísticas (Bolshakov 2004a; Bolshakov & Gelbukh 2001a, 2003) es la desambiguación sintáctica: el árbol con combinaciones de pares de palabras más frecuentes es elegido (Yuret 1998; Gelbukh 1999). Con la representación de constituyentes esto es difícil o casi imposible.

– En recuperación de información y minería de texto, encontrar una frase o hacer una búsqueda compleja en un corpus es relativamente sencillo en un árbol de dependencias: la búsqueda *camisa con mangas largas y franjas rojas* se encontrará fácilmente en una descripción *Una camisa de seda de alta calidad con franjas verticales anchas rojas y mangas largas azules* en un base de datos de comercio electrónico, pero no con la descripción *Una camisa roja con franjas largas azules en las mangas*.

– En el análisis semántico, transformando el árbol de dependencias en cualquier representación semántica más cercana, como un grafo conceptual (Sowa 1984) o una red semántica (Mel'čuk 1988), es mucho más directo. De hecho, HPSG construye una clase de árbol de dependencias para hacer su representación semántica de repetición mínima (Sag *et al*. 2003).

CAPÍTULO

4

Transformación del corpus de constituyentes a un corpus de dependencias

Capítulo 4. Transformación del corpus de constituyentes a un corpus de dependencias

4.1 Introducción

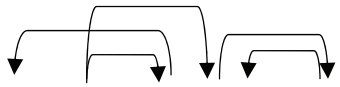
En el capítulo anterior hablamos de los dos principales formalismos de representación sintáctica: constituyentes y dependencias.

La mayoría de las herramientas y recursos existentes se orientan a la representación de constituyentes. La extracción de colocaciones (relaciones sintácticas) se hace en base a estructuras sintácticas orientadas a dependencias, es por ello que hicimos un algoritmo para convertir el corpus (de constituyentes) en español Cast3LB en un corpus de dependencias.

A pesar de sus diferencias, ambas representaciones comparten el volumen de información en la estructura sintáctica -a tal grado que pueden ser combinadas (Sag *et al.* 2003) una puede ser derivada automáticamente de la otra, dando una cierta información que se agrega y está presente en la segunda representación pero ausente en la primera. Básicamente, la representación de constituyentes lleva más información sobre el orden de las palabras dentro de una unidad estructural, mientras que la representación de dependencias lleva más información sobre la herencia o relación de características sintácticas dentro de tal unidad.

De esta forma, la información que contiene un árbol de constituyentes se puede agregar automáticamente a un árbol de dependencias. Obviamente, tal conversión no puede ser totalmente exacta porque las dos representaciones están en desigualdad

cuando existen construcciones gramaticales más raras tales como construcciones no-proyectivas, por ejemplo:



El mejor poeta de el mundo

En el algoritmo que utilizamos para la transformación del corpus de constituyentes a un corpus de dependencias, y que se explica en este capítulo, no tomamos en cuenta tales detalles.

4.2 El corpus en español Cast3LB

Cast3LB es un corpus de cien mil palabras (aproximadamente 3,500 oraciones) creado a partir de dos corporas: el corpus CLiCTALP (75,000 palabras), un corpus balanceado y anotado morfológicamente que contiene un lenguaje literario, periodístico, científico, etc.; y el corpus de la agencia de noticias española EFE (25,000 palabras) correspondiente al año 2000.

El proceso de anotación se llevó a cabo en dos pasos. En el primero, un subconjunto del corpus ha sido seleccionado y anotado dos veces por dos diferentes anotadores. Los resultados de este proceso de doble anotación se han comparado y una topología de desacuerdo en asignación de sentido ha sido establecida. Después de un proceso de análisis y discusión, un manual de anotación ha sido producido, donde los criterios principales a seguir en caso de ambigüedad se han descrito. En el segundo paso, el resto del corpus ha sido anotado siguiendo todas las estrategias de palabras. Los items léxicos anotados son esas palabras con significado léxico, es decir, sustantivos, verbos y adjetivos (Navarro *et al*. 2003).

Una muestra del corpus de constituyentes Cast3LB se puede ver en Anexo 2.

4.3 Extracción de la gramática de constituyentes

Para extraer la gramática del corpus Cast3LB llevamos a cabo los siguientes pasos:

a) Simplificación del corpus de constituyentes.

Todas las etiquetas utilizadas por el corpus se componen de dos partes. La primera especifica la categoría gramatical, por ejemplo, sustantivo, verbo, grupo nominal, grupo verbal, oración, etc. Esta parte de la etiqueta es la más importante para la extracción de la gramática.

La segunda parte especifica datos adicionales como pueden ser género y número para frases nominales, o el tipo de la oración subordinada. Para simplificar el corpus y reducir el número de reglas gramaticales eliminamos la segunda parte de la etiqueta (datos adicionales), ya que al hacerlo no se afecta la estructura del corpus, por lo tanto la transformación tampoco. Por ejemplo, para grupos nominales Cast3LB utiliza *grup.nom* (grupo nominal), *grup.nom.fp* (grupo nominal femenino plural), *grup.nom.ms* (grupo nominal masculino singular), *grup.nom.co* (grupo nominal coordinado), etc.; nosotros mapeamos todas a la etiqueta grupnom. La figura 4 muestra una oración del corpus Cast3LB usando las etiquetas originales. La figura 5 muestra la misma oración ya simplificada. Además, para reducir el número de patrones de la gramática resultante, simplificamos el corpus eliminando todos los signos de puntuación (puntos, comas, etc.).

Las etiquetas utilizadas para la anotación del corpus Cast3LB con su significado se pueden ver en Anexo 1.

b) Extracción de patrones.

Para extraer todas las reglas de la gramática, se recorre cada árbol del corpus en profundidad de izquierda a derecha, los nodos con más de un hijo se consideran como la parte izquierda de una regla, y sus hijos se consideran la parte derecha de la regla. Por ejemplo, en la figura 6 se muestran encerrados los patrones a extraer del árbol de constituyentes de la oración *"Los policías y otros numerosos agentes de seguridad nacionales y extranjeros velarán por la seguridad de los líderes"*, y en la figura 7 se muestran los patrones ya extraídos de la misma oración.

```
(
  (S                                                  oración
    (sn.co-SUJ                                        sintagma nominal coordinada del sujeto
      (sn                                             sintagma nominal
        (espec.mp                                     especificador masculino plural
          (da0mp0 Los el))                            determinante artículo masculino plural
        (grup.nom.mp                                  grupo nominal masculino plural
          (nccp000 policías policía)))                sustantivo común plural
      (coord                                          coordinación
        (cc y y))                                     conjunción coordinada
      (sn                                             sintagma nominal
        (espec.mp                                     especificador masculino plural
          (di0mp0 otros otro))                        determinante indefinido masculino plural
        (grup.nom.mp                                  grupo nominal masculino plural
          (s.a.mp                                     sintagma adjetival masculino plural
            (aq0mp0 numerosos numeroso))              adjetivo calificativo masculino plural
          (nccp000 agentes agente)                    sustantivo común plural
          (sp                                         sintagma preposicional
            (prep                                     preposición
              (sps00 de de))                          adposición preposición simple
            (sn                                       sintagma nominal
              (grup.nom.fs                            grupo nominal femenino singular
                (ncfs000 seguridad seguridad))))      sustantivo común femenino singular
          (s.a.mp.co                                  sintagma adjetival masculino plural coordinado
            (s.a.mp                                   sintagma adjetival masculino plural
              (aq0cp0 nacionales  nacional))          adjetivo calificativo común plural
            (coord                                    coordinante
              (cc y y))                               conjunción coordinada
            (s.a.mp                                   sintagma adjetival masculino plural
              (aq0mp0 extranjeros extranjero))))))    adjetivo calificativo masculino plural
    (gv                                               grupo verbal
      (vmif3p0 velarán velar))                        verbo principal indicativo futuro tercera pers. plural
      (sp-CC                                          sintagma preposicional complemento circunstancial
        (prep                                         preposición
          (sps00 por por))                            adposición preposición simple
        (sn                                           sintagma nominal
          (espec.fs                                   especificador femenino singular
            (da0fs0 la el))                           determinante artículo femenino singular
          (grup.nom.fs                                grupo nominal femenino singular
            (ncfs000 seguridad seguridad)             sustantivo común femenino singular
            (sp                                       sintagma preposicional
              (prep                                   preposición
                (sps00 de de))                        adposición preposición simple
              (sn                                     sintagma nominal
                (espec.mp                             especificador masculino plural
                  (da0mp0 los el))                    determinante artículo masculino plural
                (grup.nom.mp                          grupo nominal masculino plural
                  (nccp000 líderes líder))))))))      sustantivo común plural
)
```

Figura 1. Oración extraída del corpus Cast3LB con sus etiquetas originales ("Los policías y otros numerosos agentes de seguridad nacionales velarán por la seguridad de los líderes").

```
(
  (S                                    oración
    (sn                                 sintagma nominal
      (sn                               sintagma nominal
        (espec                          especificador
          (da Los el))                  determinante artículo
        (grupnom                        grupo nominal
          (n policías policía)))        sustantivo
      (coord                            coordinación
        (cc y y))                       conjunción coordinada
      (sn                               sintagma nominal
        (espec                          especificador
          (di otros otro))              determinante indefinido
        (grupnom                        grupo nominal
          (sa                           sintagma adjetival
            (aq numerosos numeroso))    adjetivo calificativo
          (n agentes agente)            sustantivo
          (sp                           sintagma preposicional
            (prep                       preposición
              (sps de de))              adposición preposición simple
            (sn                         sintagma nominal
              (grupnom                  grupo nominal
                (n seguridad seguridad))))  sustantivo
          (sa                           sintagma adjetival
            (sa                         sintagma adjetival
              (aq nacionales  nacional))  adjetivo calificativo
            (coord                      coordinación
              (cc y y))                 conjunción coordinada
            (sa                         sintagma adjetival
              (aq extranjeros extranjero))))))  adjetivo calificativo
    (gv                                 grupo verbal
      (vm velarán velar))               verbo principal
      (sp                               sintagma preposicional
        (prep                           preposición
          (sps por por))                adposición preposición simple
        (sn                             sintagma nominal
          (espec                        especificador
            (da la el))                 determinante artículo
          (grupnom                      grupo nominal
            (n seguridad seguridad)     sustantivo
            (sp                         sintagma preposicional
              (prep                     preposición
                (sps de de))            adposición preposición simple
              (sn                       sintagma nominal
                (espec                  especificador
                  (da los el))          determinante artículo
                (grupnom                grupo nominal
                  (n líderes líder))))))))  sustantivo
)
```

Figura 2. Oración con etiquetas simplificadas (“Los policías y otros numerosos agentes de seguridad nacionales y extranjeros velarán por la seguridad de los líderes”).

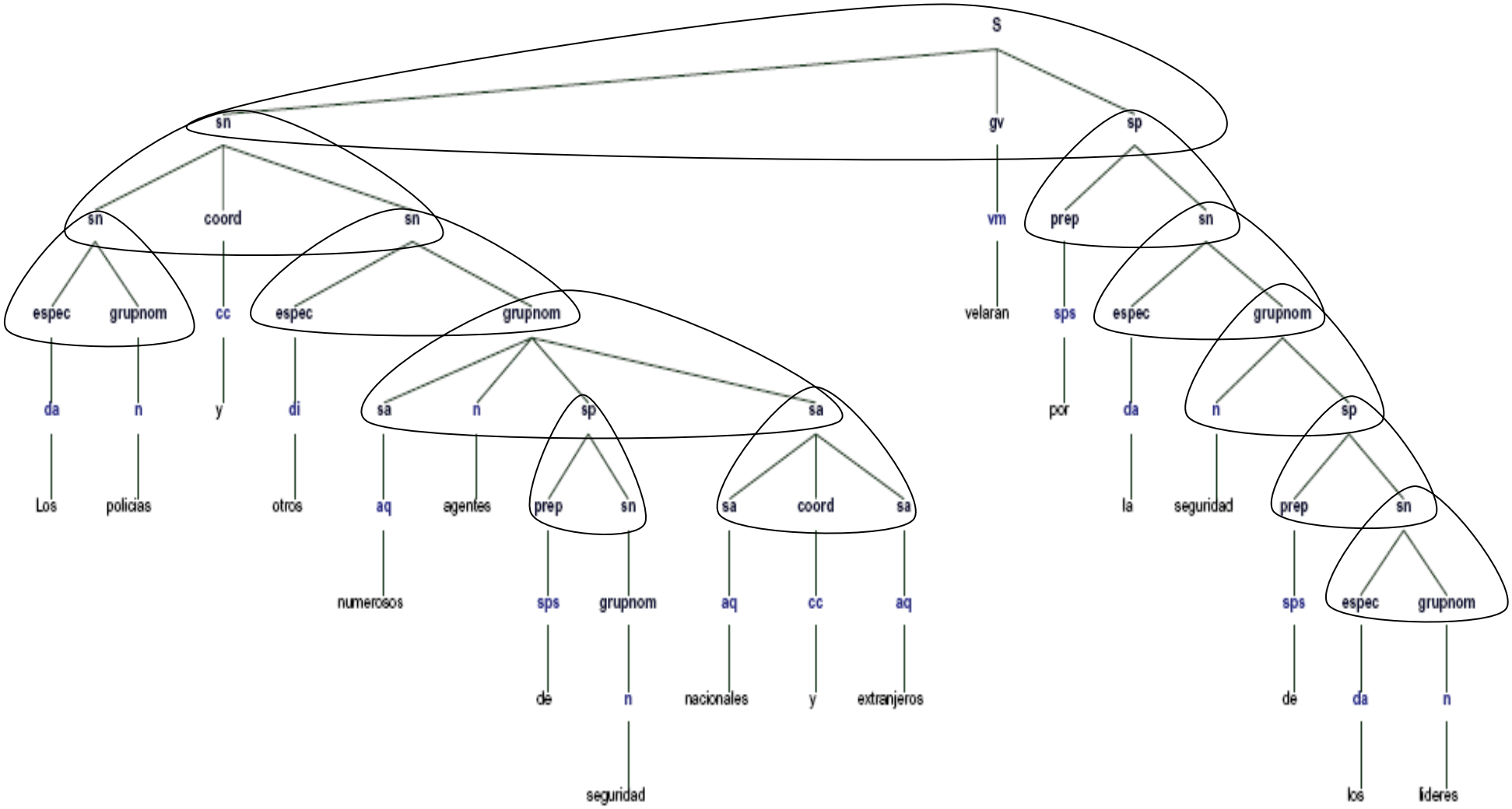


Figura 3. Patrones a extraer de la oración “Los policías y otros numerosos agentes de seguridad nacionales y extranjeros velarán por la seguridad de los líderes”.

sn ← espec grupnom
sa ← sa coord sa
sp ← prep sn
grupnom ← s n sp s
sn ← espec grupnom
sn ← sn coord sn
sn ← espec grupnom
sp ← prep sn
grupnom ← n sp
sn ← espec grupnom
sp ← prep sn
S ← sn gv sp

Figura 4. Patrones extraídos de la oración "Los policías y otros numerosos agentes de seguridad nacionales y extranjeros velarán por la seguridad de los líderes".

Los patrones extraídos son para nosotros las reglas gramaticales del corpus Cast3LB. Ejemplo, el patrón *grupnom ← n sp* nos dice que un grupo nominal puede componerse de un sustantivo seguido de una frase, o bien, el patrón *sp ← prep sn* nos dice que una frase preposicional se puede componer de una preposición seguida de una frase nominal, etc.

Una muestra de la gramática extraída del corpus de constituyentes Cast3LB se puede ver en Anexo 3.

4.4 Heurísticas para la determinación de rectores en las reglas de gramática

Para marcar automáticamente el rector (cabeza) en las reglas gramaticales, usamos reglas de heurística. Utilizamos el símbolo @ para denotar el rector de una regla (patrón). La heurística utilizada es la siguiente:

1. Si el patrón contiene un solo elemento como parte derecha entonces se marca como rector, ejemplo:

grupnom ← @ n

Esta regla se lleva a cabo al momento de extraer la gramática del corpus de constituyentes, marcando como rectores (en el mismo corpus) los nodos que solo tienen una hoja. Las siguientes reglas se aplican después de la extracción de la gramática.

2. Si el patrón contiene un coordinante (*coord*) entonces se marca como rector:

grupnom ← grupnom @coord grupnom

S ← @coord sn gv sn

3. Si el patrón contiene dos o más coordinantes (*coord*) entonces el primero de ellos es el rector:

S ← @coord S coord S

Sp ← @coord sp coord sp

4. Si el patrón contiene una frase verbal (*gv*) entonces ésta es marcada como rector:

S ← sn @gv sn

S ← sadv sn @gv S

5. Si el patrón contiene un pronombre relativo (*relatiu*), entonces éste se marca como rector:

sp ← prep @relatiu

sn ← @relatiu grupnom

6. Si el patrón contiene una preposición (*prep*) entonces es marcada como rector, ejemplo:

sp ← sadv @prep sn

sp ← @prep sp

7. Si el patrón contiene un verbo infinitivo (*infinitiu*) entonces es el rector:

S ← @infinitiu S sn

S ← conj @infinitiu

S ← neg @infinitiu sa

8. Si el patrón contiene un participio presente (*gerundi*), entonces se marca como rector:

S ← @gerundi S

9. Si el patrón contiene un verbo principal (*vm*) entonces éste es el rector:

gv ← va @vm

infinitiu ← va @vm

10. Si el patrón contiene un verbo auxiliar (*va*) y cualquier otro verbo, entonces el verbo auxiliar nunca es rector, ejemplo:

gv ← va @vs

11. Si el patrón contiene un especificador (*espec*) y sólo un elemento más, cualquiera que sea, entonces el otro elemento es el rector, ejemplo:

sn ← espec @grupnom

sn ← @grupnom espec

12. Para los patrones con frase nominal (*grupnom*) como nodo padre, si el patrón contiene un sustantivo (*n*) entonces se marca como rector, ejemplo:

grupnom ← s @n sp

grupnom ← @n sn

grupnom ← s @n S

13. Para los patrones con frase nominal (*grupnom*) como nodo padre, si el patrón contiene una frase nominal (*grupnom*), ésta se marca como rector, ejemplo:

grupnom ← @grupnom s

grupnom ← @grupnom sn

14. Para patrones con especificador (*espec*) como nodo padre, si el patrón contiene un artículo definido (da), entonces éste es el rector:

espec ← @da di

espec ← @da dn

15. Si el patrón contiene un adjetivo calificativo (*aq*) y una frase preposicional (*sp*), entonces el adjetivo es el rector:

grupnom ← @aq sp

16. Si el patrón contiene un sintagma adverbial (*sadv)* como primer elemento, seguido de un adjetivo calificativo (aq) y cualquier otro elemento, entonces el adjetivo es el rector:

S ← sadv @aq sp

El orden de aplicación de las reglas de heurística es importante. Por ejemplo, si aplicamos la regla 4 en el patrón: *S* ← *coord sn gv sn,* el rector sería la frase verbal (*gv*) sin embargo el rector correcto debería ser el coordinante (*coord*). Por lo tanto la regla 2 debe ser aplicada primero.

Hay casos para los que no hay consenso en la comunidad de gramáticas de dependencia sobre la selección de rectores (como coordinación, construcciones relativas, etc.). Las heurísticas anteriores reflejan solo una posible opción lingüística.

4.5 Evaluación de las heurísticas y corrección de la gramática

El algoritmo extrae 2668 reglas de gramática del corpus Cast3LB, una muestra de ellas se puede ver en Anexo 3.

De las reglas de gramática extraídas, 346 (13%) se repiten más de diez veces y el resto (2322, 87%) se repiten menos de diez veces. La figura 8 muestra las 20 reglas m{as frecuentes con su respectivo número de ocurrencias.

Con las heurísticas utilizadas se marcan automáticamente los rectores de 2226 (83%) del total de las reglas de gramática extraídas.

4.5.1 Evaluación

Para la evaluación de nuestras heurísticas se seleccionaron aleatoriamente 300 reglas gramaticales extraídas del corpus. Un experto marcó a mano los rectores de éstas (sin utilizar nuestras heurísticas) y de manera separada también fueron marcadas automáticamente por el sistema. Comparamos ambos resultados y el 99% de las marcas de rectores coinciden.

Considerando las estadísticas de comparación, creemos que al menos el 95% de las reglas de gramática extraídas del corpus Cast3LB son marcadas correctamente.

13045	sn ← espec grupnom
12234	sp ← prep sn
3335	grupnom ← n sp
1902	grupnom ← n s
1224	sp ← prep S
996	grupnom ← n S
827	S ← S coord S
542	gv ← va vm
542	grupnom ← s n
540	S ← infinitiu sn
484	grupnom ← n s sp
430	sn ← sn coord sn
423	grupnom ← n sn
406	grupnom ← grupnom coord grupnom
402	S ← aq sp
377	grupnom ← s n sp
357	gv ← vm infinitiu
348	S ← sn gv sn
292	grupnom ← n sp sp
295	S ← S S

Figura 5. Reglas de gramática más frecuentes extraídas del corpus Cast3LB.

4.5.2 Corrección de la gramática

De los resultados de evaluación mostrados anteriormente, 1% de las 300 reglas comparadas no coincidió. Los rectores de estas reglas gramaticales se corrigieron manualmente dentro del sistema. La figura 9 muestra estas reglas.

Marcadas automáticamente	**Marcadas manualmente**
infinitiu ← va vm sps00 @infinitiu	infinitiu ← va @vm sps00 infinitiu
S ← conj S @coord S	S.F.C.co-CD ← @conj S coord S

Figura 6. Reglas de gramática con marcado de rector que no coinciden.

4.6 Algoritmo para la transformación de un árbol de constituyentes a uno de dependencias

El algoritmo de transformación usa recursivamente la información de los patrones marcados con rectores para determinar cuales componentes subirán en el árbol. Esto significa desconectar el nodo rector de sus nodos hermanos y colocarlo en la posición del nodo padre.

Para entenderlo más claramente, el algoritmo se detalla a continuación:

1. Recorremos el árbol de constituyentes en profundidad de izquierda a derecha, comenzando de la raíz y visitando sus nodos hijos recursivamente.
2. Para cada patrón en el árbol, buscamos en las reglas de la gramática para encontrar cuál elemento es el rector.
3. Marcamos el rector en el árbol de constituyentes.
4. Desconectamos el nodo rector de sus nodos hermanos y lo colocamos en la posición del nodo padre.

El algoritmo termina cuando un nodo rector sube a la raíz del árbol. Para ilustrar un ejemplo consideramos la siguiente oración "*Los policías y otros numerosos agentes de seguridad nacionales y extranjeros velarán por la seguridad de los líderes"*, la figura 10 muestra el árbol de constituyentes. También podemos observar en la figura que hay unos nodos marcados como cabezas, debido a que, como mencionamos anteriormente, los nodos que sólo tienen una hoja se marcan en la extracción de la gramática.

Siguiendo el algoritmo, el primer patrón a encontrar (en el árbol de constituyentes de la figura 10) sería: *sn* ← *espec grupnom,* si buscamos en las reglas de gramática marcadas por las heurísticas encontramos que el rector de ese patrón es el coordinante (*coord*) y lo marcamos en el árbol.

De esta forma se marcan en el árbol todos los rectores de cada patrón. La figura 11 muestra el árbol de constituyentes con todos los rectores marcados.

4.6.1 El caso de los coordinantes

No existe consenso en los formalismos de dependencias de cómo manejar conjunciones coordinadas. Para nuestro caso se hizo lo siguiente:

Cuando se encuentra una conjunción coordinada (*y*) se duplica (o multiplica) la oración de forma tal que cada oración contendrá la relación sintáctica de sólo un elemento de la conjunción. Por ejemplo, para la frase "nombres para niños y niñas" se interpreta como *nombres para niños* y *nombres para niñas,* creando así dos árboles diferentes.

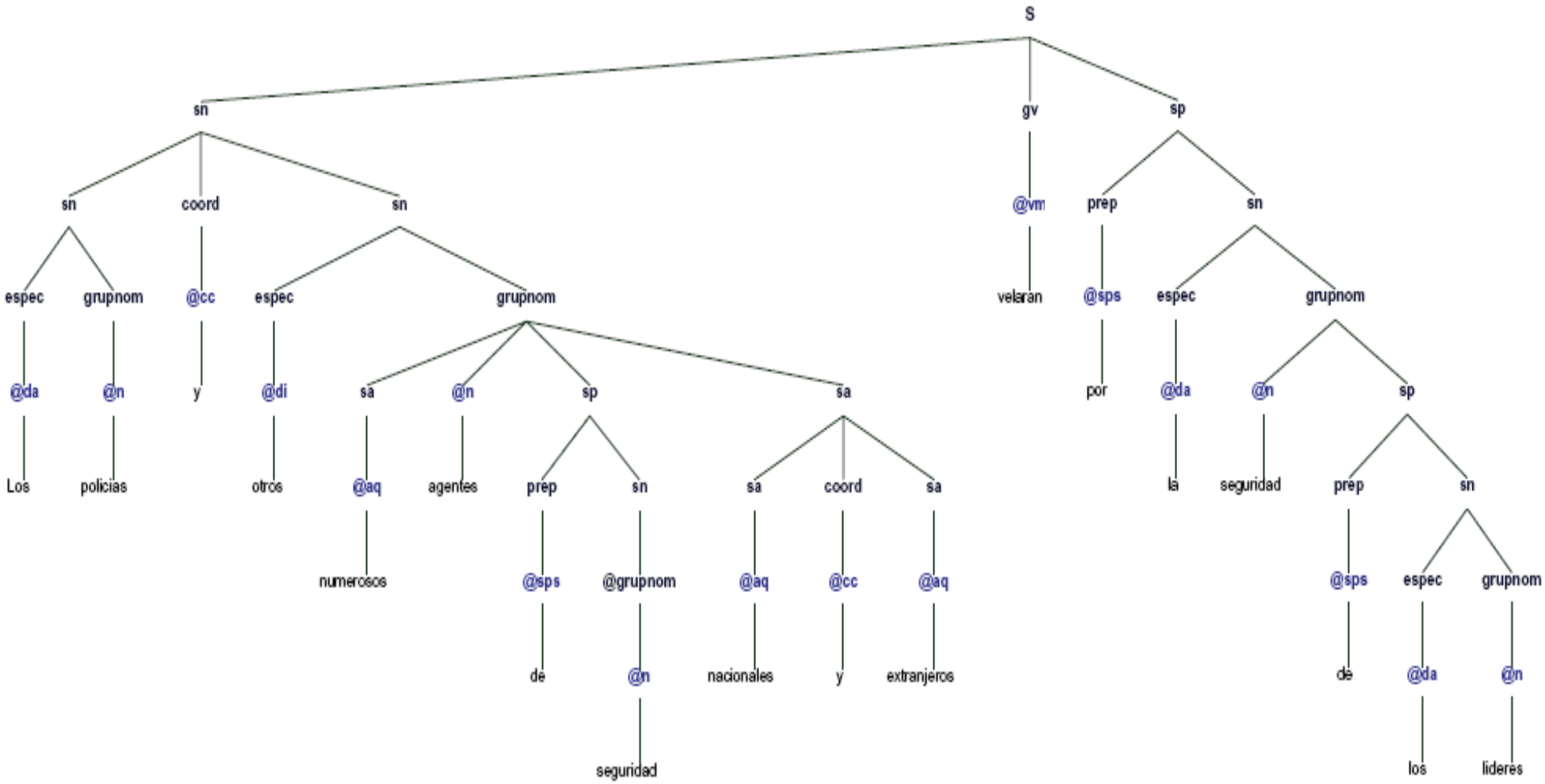


Figura 7. Árbol de constituyentes. “Los policías y otros numerosos agentes de seguridad nacionales y extranjeros velarán por la seguridad de los líderes”.

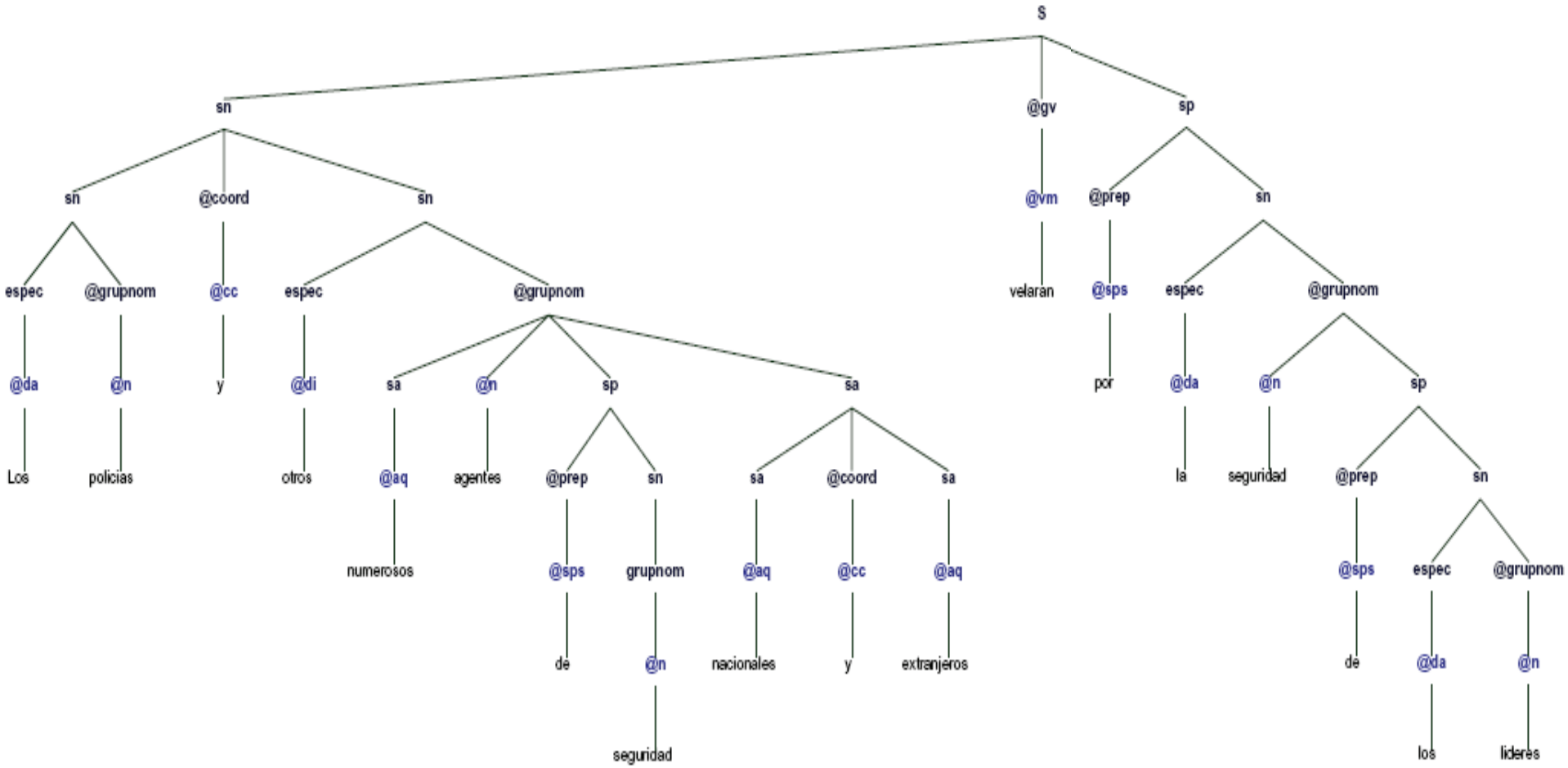


Figura 8. Árbol de constituyentes con rectores marcados.

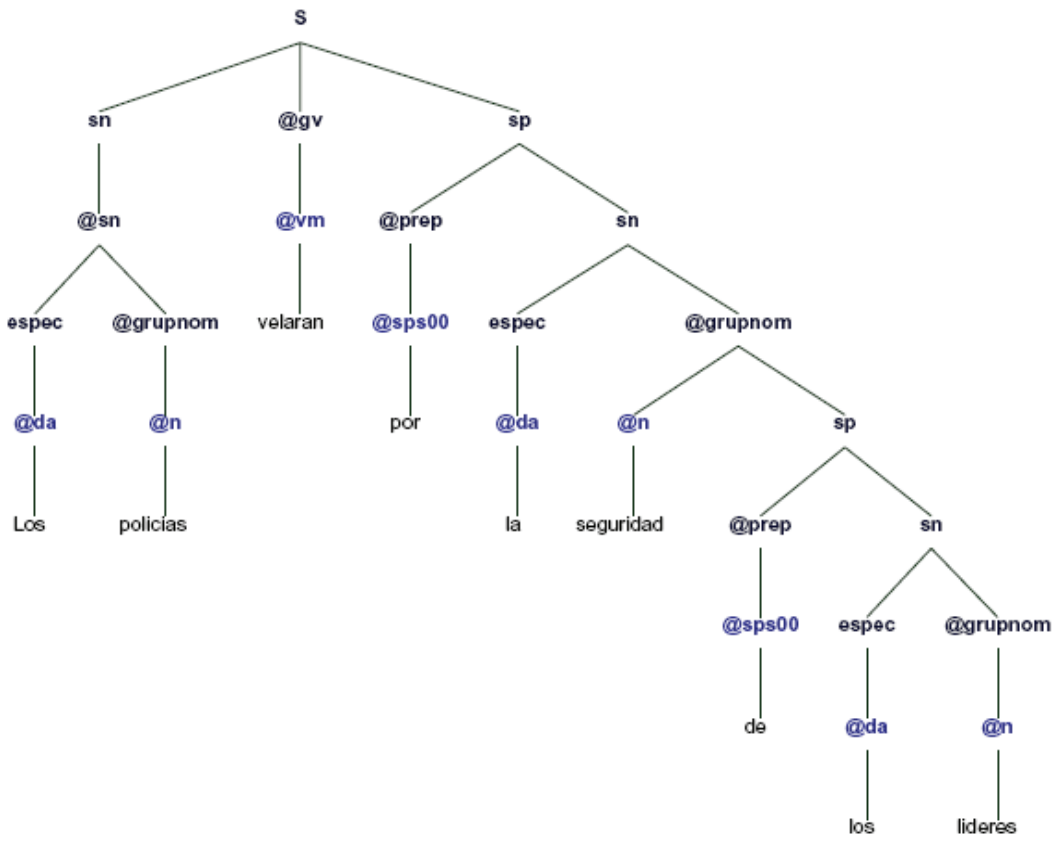


Figura 9. Árbol no. 1 resultante de la primera conjunción de la oración "Los policías y otros numerosos agentes de seguridad nacionales y extranjeros velarán por la seguridad de los líderes".

Siguiendo con el ejemplo de la figura 10, y tomando en cuenta los casos de conjunciones coordinadas, se duplica el árbol al encontrar la primera conjunción (*y*) marcada como rector y obtenemos los árboles resultantes de las figuras 12 y 13. Después encontramos que en la oración duplicada de la figura 13 tenemos otra conjunción marcada como rector por lo tanto se duplica este árbol y obtenemos dos árboles más mostrados en las figuras 14 y 15.

El siguiente paso del algoritmo es desconectar cada nodo marcado como rector y ponerlo en la posición del nodo padre (del patrón al que pertenece). El algoritmo sigue su ejecución hasta que un nodo cabeza sube a la posición del nodo raíz. De esta manera el algoritmo extrae tres árboles de dependencias con etiquetas mostrados en las figuras 16, 17 y 18. En las figuras 19, 20 y 21 se pueden observar los mismos árboles sin etiquetas para mayor claridad.

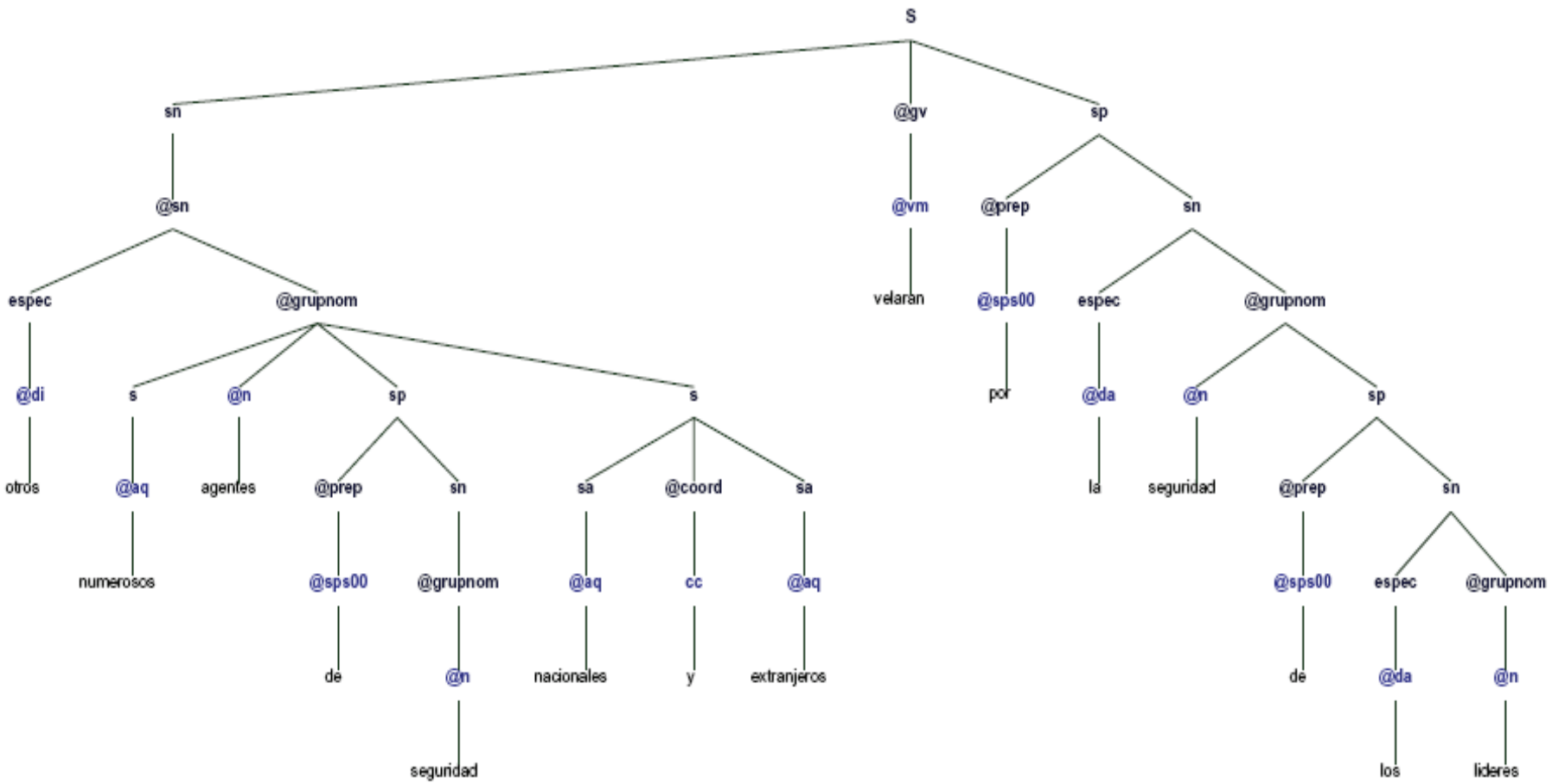


Figura 10. Árbol no. 2 resultante de la primera conjunción de la oración "Los policías y otros numerosos agentes de seguridad nacionales y extranjeros velarán por la seguridad de los líderes".

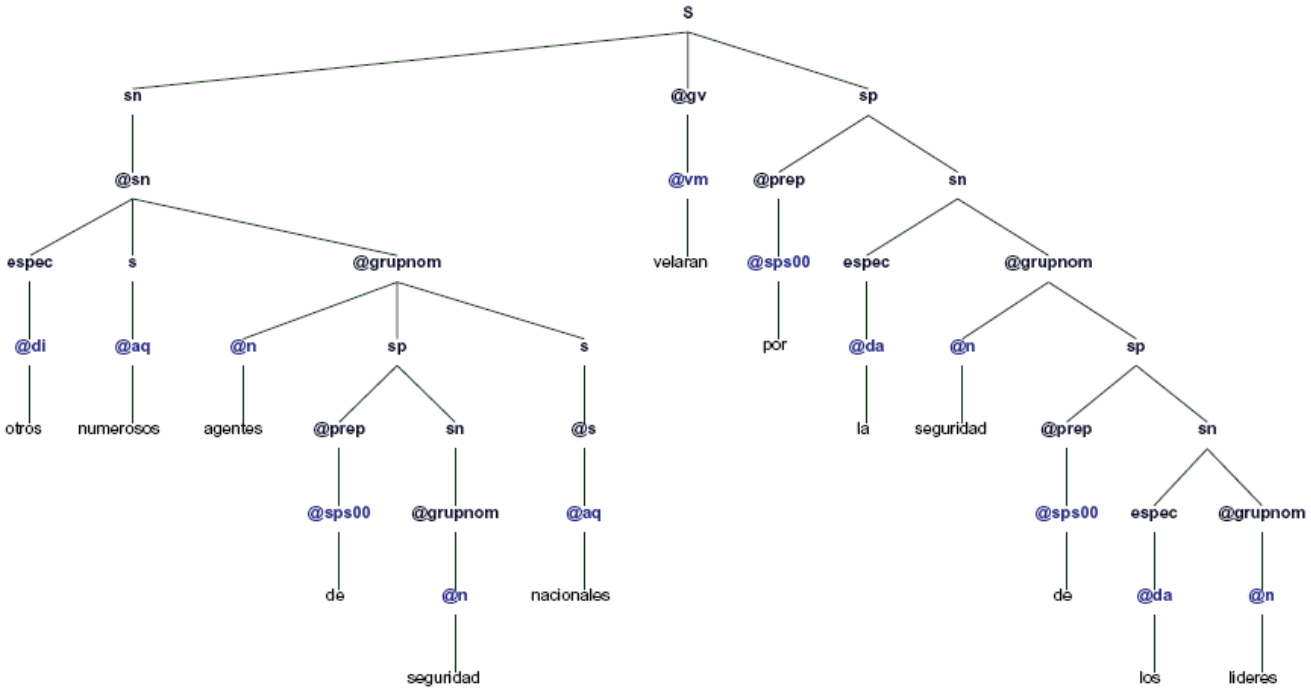


Figura 11. Primer árbol resultante de la conjunción del árbol de la figura 13.

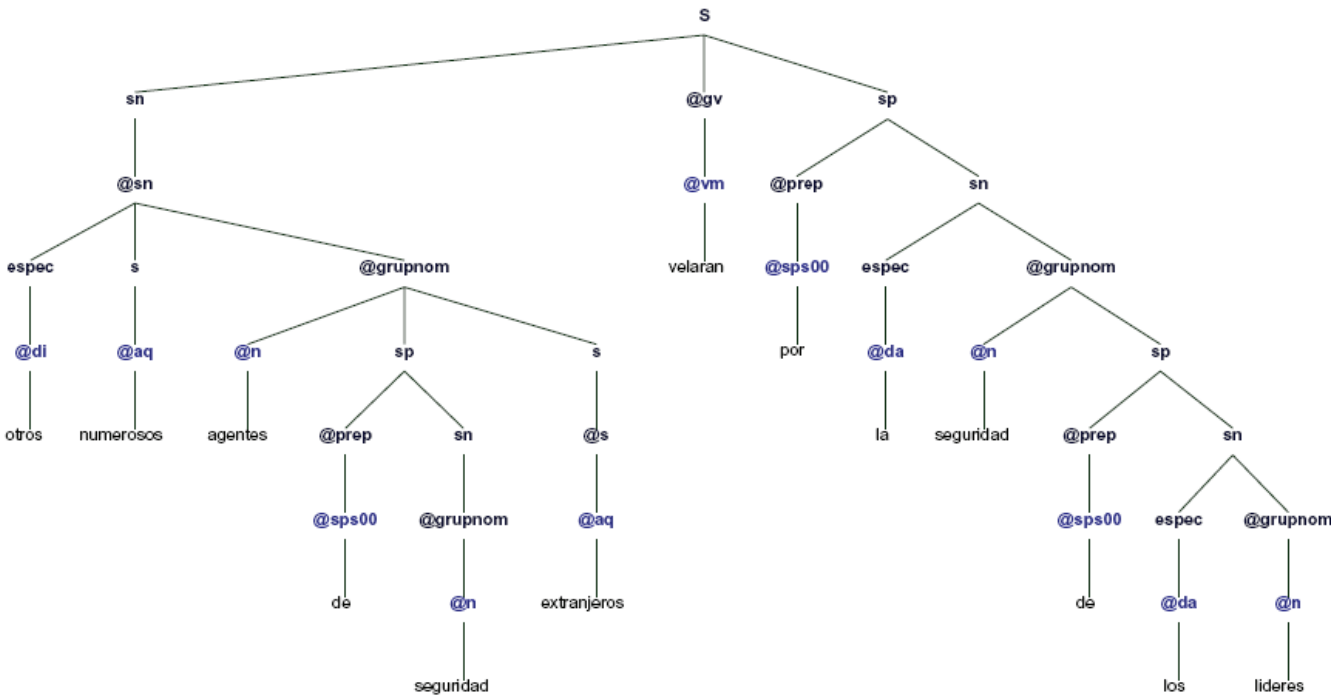


Figura 12. Segundo árbol resultante de la conjunción del árbol de la figura 13.

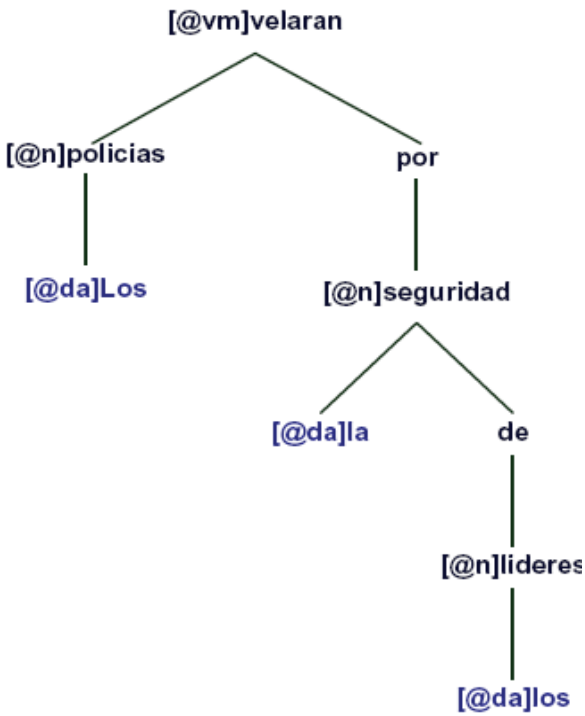


Figura 13. Primer árbol de dependencias resultante con etiquetas.

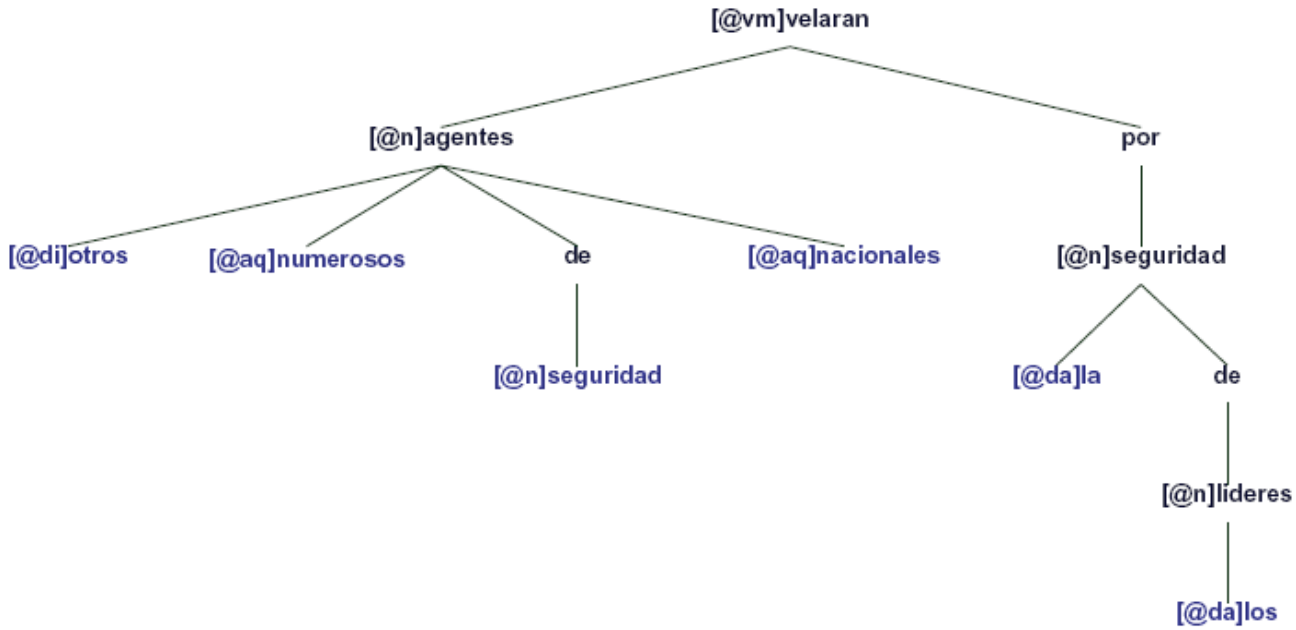


Figura 14. Segundo árbol de dependencias resultante con etiquetas.

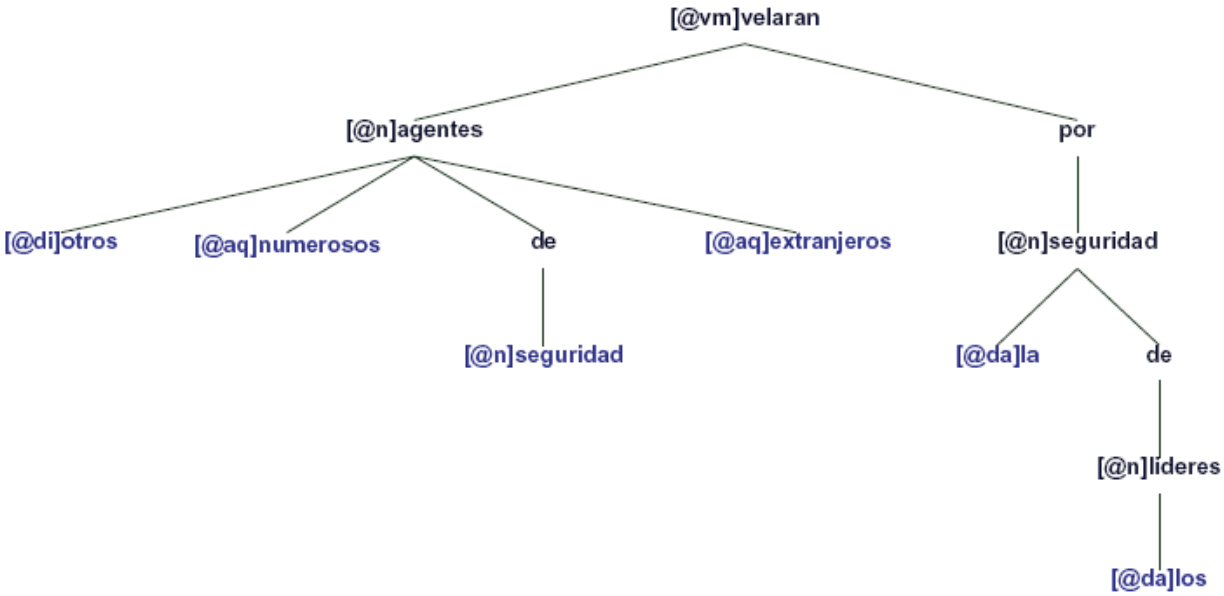


Figura 15. Tercer árbol de dependencias resultante con etiquetas.

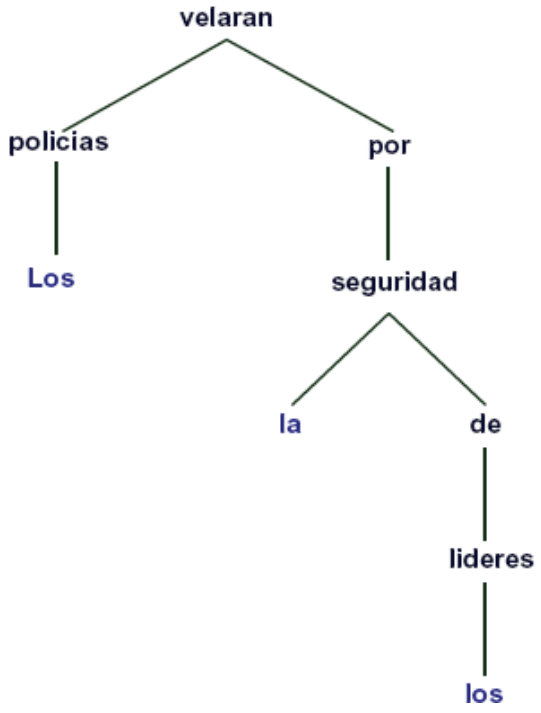


Figura 16. Primer árbol de dependencias resultante sin etiquetas.

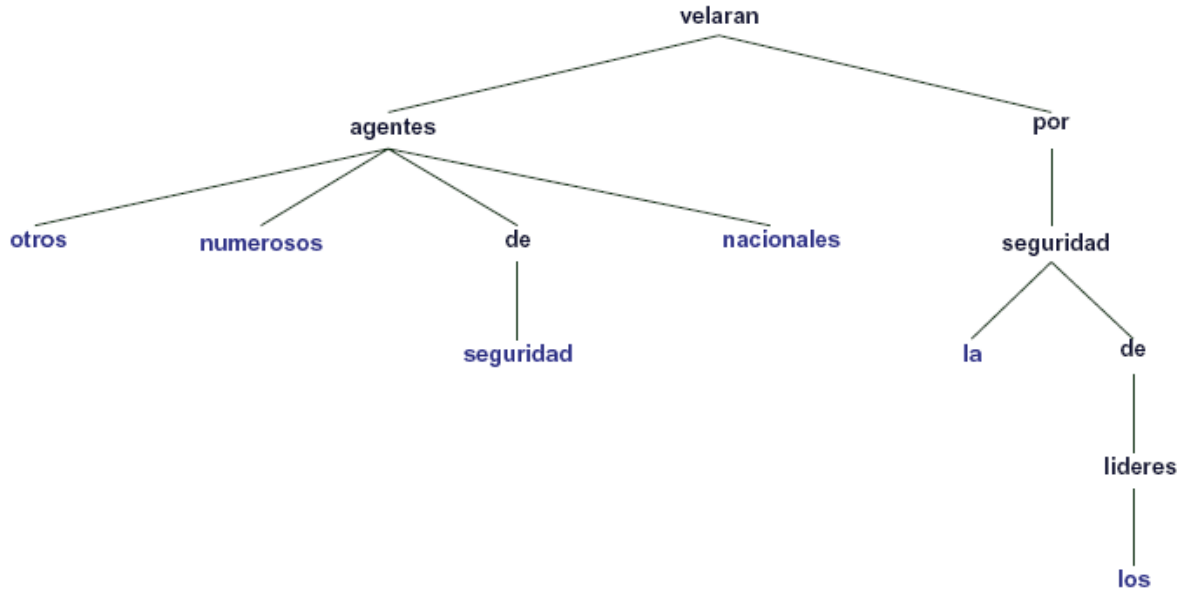


Figura 17. Segundo árbol de dependencias resultante sin etiquetas.

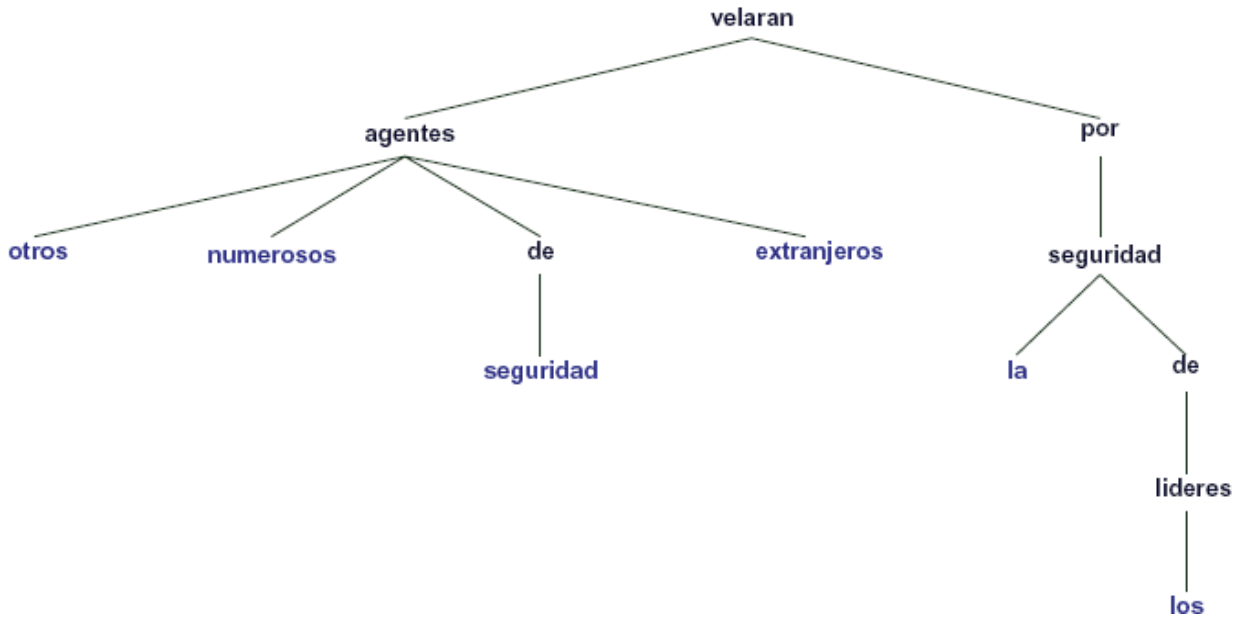


Figura 18. Tercer árbol de dependencias resultante sin etiquetas.

Una muestra de los árboles de dependencias construidos a partir del corpus de constituyentes se pueden observar en Anexo 4.

4.7 Implementación

El algoritmo se implementó en módulos para disminuir el tiempo de búsqueda de errores y para generar resultados en cada módulo que permitieran seguir el proceso del algoritmo.

La mayoría de los módulos se programaron en Minimacro, y algunos otros en Perl, dos lenguajes de programación enfocados al procesamiento de texto, que hacen uso de expresiones regulares para hacer más fácil el manejo de cadenas.

La tabla siguiente muestra los módulos principales del algoritmo y una descripción la entrada y salida de cada módulo.

Tabla 1. Descripción de la implementación de los módulos principales del algoritmo de transformación.

acentos.pl	Cambia las vocales acentuadas a vocales sin acentos y entre guiones (ejemplo: *á* la cambia por *_a_*). Recibe el corpus Cast3LB y regresa el corpus sin acentos.
clean.mm	Se asegura que el paréntesis de inicio oración comience en una nueva línea. Recibe la salida de acentos.pl y regresa el corpus con inicio de oraciones en nueva línea.
simpli.mm	Simplifica el corpus quitando los datos adicionales de las etiquetas. Recibe la salida de clean.mm y regresa el corpus con etiquetas simplificadas.
heurist.mm	Este módulo marca las cabezas de los patrones extraídos del corpus utilizando reglas de heurística. Recibe la lista de patrones extraídos del corpus (salida del módulo dependen.mm) y regresa la misma lista con cabezas marcadas.
dependen.mm	Este módulo utiliza la salida de heurist.mm para marcar en el mismo corpus las cabezas de los patrones que va encontrando. Si no encuentra algún patrón lo agrega a una lista de patrones extraídos del corpus. Recibe la salida de simpli.mm y regresa el corpus marcado con las cabezas de cada patrón. También regresa una lista de patrones extraídos.
coord.mm	Este módulo duplica (o multiplica) la oración cuando encuentra un coordinante (y,o) poniendo cada elemento de la unión como cabeza en una oración diferente. Recibe la salida de dependen.mm y regresa un corpus de dependencias con oraciones que no contienen conjunciones coordinadas.

relocate.mm	Este módulo se encarga de desconectar las cabezas de cada patrón y colocarlas en la posición del nodo padre. Recibe la salida de coord.mm y regresa un corpus con las cabezas de patrones posicionadas en su nodo padre.
convert.mm	Este módulo elimina toda la información extra de los nodos padres dejando sólo la cabeza con su información léxica, convirtiendo así las oraciones en árboles de dependencias. Recibe la salida de relocate.mm y regresa un corpus de dependencias.
desacentos.pl	Este módulo busca las vocales que fueron desacentuadas para volverlas a acentuar. Recibe la salida de convert.mm y regresa un corpus de dependencias ya con acentos.

4.8 Metodología de evaluación

Seguimos el esquema de evaluación propuesto por (Briscoe *et al*. 2002), que sugiere evaluar la precisión en base a relaciones gramaticales entre cabezas lematizadas.

Para obtener los valores para las métricas de evaluación *precision* y *recall*, se extraen colocaciones de los árboles de dependencias resultantes de nuestro método y se compara con colocaciones extraídas manualmente del mismo corpus Cast3LB.

Consideramos la colocación como una relación entre un nodo padre con un nodo hijo y su tipo de relación. Por ejemplo, las colocaciones extraídas de la frase *"Los policías y otros numerosos agentes de seguridad nacionales y extranjeros velarán por la seguridad de los líderes"* son:

agente ADJ extranjero
agente ADJ nacional
agente ADJ numeroso
agente de seguridad
seguridad de líder
velar SUST agente
velar SUST policía
velar por seguridad

Para la evaluación, seleccionamos aleatoriamente 35 oraciones del corpus y se convirtieron manualmente a árboles de dependencias, de los cuales se extraen 419 colocaciones. Aplicamos nuestro algoritmo a esas mismas oraciones para obtener los árboles de dependencias y extraemos las colocaciones automáticamente.

4.9 Resultados obtenidos

El sistema extrae automáticamente 417 colocaciones de los 35 árboles seleccionados aleatoriamente. De las 419 colocaciones extraídas manualmente, el sistema extrae 370 (88%) correctas.

De esta forma, los valores para las métricas de evaluación *precision* y *recall* de los árboles de dependencias extraídos del corpus Cast3LB son:

Métrica de evaluación	Valor
Precision	0.883
Recall	0.887

4.10 Conclusiones

La representación de dependencias de estructuras sintácticas tiene importantes ventajas en ciertas aplicaciones. Sin embargo, la mayoría de las herramientas y recursos léxicos existentes, especialmente los corpus con etiquetado sintáctico manual, son orientados al formalismo de constituyentes.

En esta sección se presentó una técnica para obtener automática o semiautomáticamente recursos sintácticos para el formalismo de dependencias, a través de los recursos existentes en el formalismo de constituyentes, proponiendo las heurísticas para la conversión de un corpus de constituyentes a un corpus de dependencias. El corpus obtenido permite la extracción de una gramática de dependencias.

CAPÍTULO

5

Extracción del diccionario de colocaciones a partir de un corpus de constituyentes

Capítulo 5. Extracción del diccionario de colocaciones a partir de un corpus de constituyentes

5.1 Introducción

Los lenguajes naturales están llenos de colocaciones, combinaciones recurrentes y arbitrarias de palabras que coocurren frecuentemente y no por casualidad. Las colocaciones son útiles en diferentes aplicaciones de procesamiento de lenguaje natural.

En este capítulo daremos una breve reseña de lo que son las colocaciones, sus propiedades, tipos de colocaciones y algunas aplicaciones para las que son útiles. También se presenta un algoritmo para la extracción del diccionario de colocaciones a partir de un corpus.

5.2 ¿Qué son las colocaciones?

Hay mucha discusión y trabajo relacionado sobre colocaciones (Allerton 1984; Cruse 1986; Mel'čuk 1981). Dependiendo de los intereses y puntos de vista, los investigadores se enfocan en diferentes aspectos de las colocaciones.

Una de las definiciones más entendibles y usadas se encuentra en el trabajo lexicográfico de Benson (1990). La definición es la siguiente: una colocación es una combinación recurrente y arbitraria de palabras.

Para los fines de este trabajo usaremos la definición de Bolshakov (2004b) que es la siguiente: una colocación es un par de palabras de contenido conectadas

sintácticamente y que tienen compatibilidad semántica, por ejemplo, *tomar una decisión, escuchar la radio, tocar la guitarra,* donde los componentes de la colocación (colocativas) están subrayados.

Por palabras de contenido entendemos aquellas que tienen un significado, entre ellas se encuentran los sujetos, verbos, adjetivos por ejemplo *perro, niño, comer, bonita*, etc. Las palabras que no tienen contenido son los artículos como *las, el, esos*, etc.

La conexión sintáctica es entendida en las gramáticas de dependencias y ésta no es precisamente la co-ocurrencia de colocativas en un intervalo pequeño de texto. La colocativa rectora gobierna sintácticamente a la colocativa dependiente, estando adjunta a ella directamente o mediante una palabra auxiliar (usualmente una preposición). Secuencialmente, las colocativas pueden estar a cualquier distancia una de otra en una oración, mientras que en un árbol dependencias están muy cercanas.

5.3 Propiedades de las colocaciones

En esta sección, presentamos cuatro propiedades de las colocaciones que tienen relevancia en aplicaciones de lingüística computacional.

5.3.1 Las colocaciones son arbitrarias

Las colocaciones son difíciles de producir para un hablante no nativo (Nakhimovsky & Leed 1979). No se trata simplemente de traducir palabra por palabra (word-for-word) lo que le gustaría al hablante decir en su lengua nativa. La tabla 2 muestra que la traducción palabra por palabra de "*to see the door*" corresponde en ambas direcciones de los cuatro lenguajes diferentes. Al contrario, traducir palabra por palabra la expresión "t*o break down/force the door*" no tiene correspondencia en ambas direcciones en ninguno de los lenguajes.

La coocurrencia de "*door*" y "*see*" es una combinación libre, mientras que la combinación de "*door*" y "*break down*" es una colocación.

Para los hablantes no nativos de inglés es difícil construir correctamente la frase "*to break down a door*".

Tabla 1. Comparaciones lingüísticas cruzadas de colocaciones.

Lenguaje	Inglés	Traducción	Correspondencia en inglés
Francés	to see the door	voir la porte	To see the door
Alemán	to see the door	die Tür sehen	To see the door
Italiano	to see the door	vedere la porta	To see the door
Español	to see the door	ver la puerta	To see the door
Francés	to break down/force the door	enfoncer la porte	to push the door through
Alemán	to break down/force the door	die Tür aufbrechen	to break the door
Italiano	to break down/force the door	sfondare la porta	to hit/demolish the door
Español	to break down/force the door	tumbar la puerta	To fall the door

Traducir de un lenguaje a otro requiere más que buen conocimiento de estructura sintáctica y representación semántica, porque las colocaciones son arbitrarias, y deben ser fácilmente disponibles en ambos idiomas para que la traducción automática sea eficiente.

5.3.2 Las colocaciones son dependientes del dominio

Además de las colocaciones no técnicas tales como las que se presentaron antes, las colocaciones específicas del dominio son numerosas. Éstas son a menudo totalmente inentendibles para alguien ajeno al dominio. Contienen una gran cantidad de términos técnicos. Además, las palabras comunes se utilizan diferentemente. En el dominio de la navegación (Dellenbaugh & Dellenbaugh 1990), por ejemplo, algunas palabras son desconocidas al lector no-familiar; la horca, y el sotavento son totalmente sin sentido para alguien ajeno a este dominio. Algunas otras combinaciones no contienen al parecer ninguna palabra técnica, pero estas palabras adquieren un significado totalmente diferente en el dominio. Por ejemplo, un traje seco no es solamente un traje que está seco sino un tipo especial de traje usado por los marineros para permanecer seco en condiciones atmosféricas difíciles.

Dominar lingüísticamente un área específica requiere más que un glosario, requiere conocimiento de colocaciones dependientes del dominio.

5.3.3 Las colocaciones son recurrentes

La propiedad recurrente significa que las combinaciones de palabras no son excepciones, sino que se encuentran frecuentemente repetidas en un contexto dado.

Combinaciones de palabras como "*tomar una decisión*", "*hacer un favor*" son típicas del lenguaje, y colocaciones como "*juntar hilos*" son características de dominios específicos. Ambos tipos son frecuentemente usados en contextos específicos.

5.3.4 Las colocaciones son conjuntos de cohesión léxica

Por cohesión léxica (Smadja 1993) se entiende que la presencia de una o varias palabras de la colocación frecuentemente implica o sugiere el resto de la colocación. Esta propiedad es la más usada por lexicógrafos cuando compilan colocaciones (Cowie 1981; Benson 1989a).

Los lexicógrafos usan el juicio lingüístico de la gente para decir cuales son colocaciones y cuales no (Sidorov 1999). Ellos aplican cuestionarios a la gente, como el que se muestra en la figura 22.

Oración	Candidatos
"If a fire breaks out, the alarm will ?? "	"ring, go off, sound, start"
"The boy doesn't know how to ?? his bicycle"	"drive, ride, conduct"
"The American congress can ?? a presidential veto"	"ban/cancel/delete/reject"
"Before eating your bag of microwavable popcorn, you have to ?? it"	"cook/nuke/broil/fry/bake"

Figura 1. Prueba llenar-el-espacio, de Benson (Benson 1990).

Este cuestionario contiene las oraciones usadas por Benson para compilar el conocimiento de colocaciones para el diccionario BBI (Benson *et al.* 1986a). Cada oración tiene una ranura en blanco que puede ser fácilmente llenado por un hablante nativo (en este caso de inglés). En cambio, un hablante no nativo de inglés no encontraría las palabras faltantes automáticamente, sino que consideraría la lista de opciones de las palabras que tienen las características semánticas y sintácticas apropiadas, tales como las que están dadas en la segunda columna.

Como consecuencia, las colocaciones tienen una distribución estadística particular (Halliday 1966; Cruse 1986). Esto significa que la probabilidad de que cualesquiera dos palabras adyacentes, por ejemplo, "*arenque rojo*" es considerablemente mayor que la suma de probabilidades de "*rojo*" y "*arenque*". Las palabras no pueden ser consideradas como variables independientes.

5.4 Tipos de colocaciones

Las colocaciones vienen en una gran variedad de formas. El número de palabras implicadas así como la forma de implicarlas puede variar mucho. Algunas colocaciones son muy rígidas, mientras otras son muy flexibles. Por ejemplo, una colocación compuesta por "*tomar*" y "*decisión*" puede aparecer como "*tomar una decisión*", "*decisiones por tomar*", "*tomar una gran decisión*", etc. En cambio, una colocación como "*agente de ventas*" puede aparecer sólo de una forma; esta es una colocación muy rígida, una expresión fija.

Se identifican tres tipos de colocaciones (Smadja 1993): oraciones nominales rígidas, relaciones predicativas y plantillas de frase. A continuación se explican cada una de ellas.

5.4.1 Relaciones predicativas

Una relación predicativa consiste en dos palabras que se usan juntas repetidamente en una relación sintáctica similar (Smadja 1993). Este tipo de colocación es la más flexible.

Por ejemplo, un sustantivo y un verbo formarán una relación predicativa si se usan juntos en varias ocasiones con el sustantivo como el objeto del verbo, "tomar-decisión" es un buen ejemplo de una relación predicativa. Así mismo, un adjetivo que frecuentemente modifica un sustantivo, como "niño-pequeño", es también una relación predicativa.

Esta clase de colocaciones se relaciona con las funciones léxicas de Mel'cuk (1981), y las relaciones tipo L de Benson (Benson *et al.* 1986b).

5.4.2 Oraciones nominales rígidas

Esta clase de colocaciones envuelve secuencias ininterrumpidas de palabras como "bolsa de valores", "procesamiento de lenguaje". Estas pueden incluir sustantivos y adjetivos, así como palabras de clase cerrada, y son similares al tipo de colocaciones recuperadas por Choueka (1988) y Amsler (1989). Son el tipo más rígido de colocaciones. Algunos ejemplos son, "*producto interno bruto*", "*impuesto al valor agregado*", etc.

En general, las oraciones nominales rígidas no se pueden descomponer en fragmentos más pequeños sin perder su significado; son unidades léxicas en y de sí mismas. Por otra parte, frecuentemente se refieren a conceptos importantes en un dominio específico, y varias oraciones nominales rígidas se pueden utilizar para expresar el mismo concepto.

5.4.3 Plantillas de frase

Consisten en frases idiomáticas que contienen una, varias o ninguna ranura en blanco. Son colocaciones de frase largas. Algunas colocaciones de este tipo, en el dominio de la bolsa, se muestran a continuación:

*En la bolsa de valores americana el índice del valor comercial estaba encima de *NUMERO**

*La tasa promedio acabó la semana con una pérdida neta de *NUMERO**

*La tasa promedio Dow Jones de treinta industrias bajo de *NUMERO* a *NUMERO* puntos*

En las colocaciones anteriores, las ranuras vacías deben ser llenadas con un número (indicado por *NUMERO* en los ejemplos). Más generalmente, las plantillas de frase especifican las categorías gramaticales de las palabras que pueden llenar las ranuras vacías.

Las plantillas de frase son absolutamente representantes de un dominio dado y se repiten muy a menudo de una manera rígida en un sublenguaje dado. Son específicamente útiles para generación de texto.

5.5 Aplicaciones de colocaciones

Como se ha mencionado antes, las colocaciones son útiles en diversas aplicaciones de procesamiento de lenguaje natural. Entre las más significativas tenemos (Bolshakov 2004b):

- Redacción de texto
- Análisis sintáctico (*Parsing*)
- Desambiguación de sentidos de palabras
- Detección y corrección de malapropismo
- Traducción automática
- Reconocimiento de cohesión de texto
- Segmentación en párrafos
- Esteganografía lingüística

A continuación daremos una breve descripción de cada una de ellas.

5.5.1 Redacción de texto

Imagine una estudiante escribiendo un ensayo acerca del medio ambiente. Ella conoce los temas que desea cubrir y tiene las ideas y los argumentos para hacerse entender. Además posee un repertorio de vocabulario útil, especialmente de sustantivos de alto contenido como medio ambiente, contaminación, capa de ozono. Lo que hace falta son las palabras que pueden ligar el vocabulario de alto contenido para convertirlo en un texto coherente -como un argumento o una narración-. La contaminación es un problema, pero ¿que se necesita hacer al respecto? Buscando en un diccionario de colocaciones y examinando rápidamente en la sección de verbos nos arrojara las opciones de evitar / *prevenir / combatir / controlar / pelear / limitar / minimizar / reducir / monitorear*. Con la ayuda de un diccionario común el alumno puede escoger entre las opciones, la que exprese mejor lo que quiere decir.

5.5.2 Análisis sintáctico (*Parsing*)

Los parsers modernos no lexicalizados usualmente producen numerosas variantes, es decir, diferentes árboles de constituyentes de gramáticas de constituyentes, y diferentes árboles de dependencias de gramáticas de dependencias. Queda claro que los árboles de dependencias cuyos subárboles coinciden con las colocaciones almacenadas en una base de datos son más probables que otros. En varios lenguajes, la coincidencia es especialmente importante para una asignación correcta de frases preposicionales. Ejemplo, las dependencias correctas dentro de la frase "*boicotear las elecciones en protesta contra los impuestos*" son reveladas tan pronto se encuentren las colocaciones "*boicotear elecciones*", "*boicotear en protesta*", *"protesta contra impuestos"* en la base de datos, mientras que "*elecciones en protesta*" y "*elecciones contra impuestos*" no son encontradas.

5.5.3 Desambiguación de sentidos de palabras

Tomada fuera de contexto, una colocativa puede tener diferentes significados, mientras que una colocativa adicional puede desambiguar el sentido inmediatamente. Ejemplo, *banco* es para dinero si en la base de datos de colocaciones se encuentra *cuenta de banco,* es para transfusión si se encuentra *banco de sangre,* es para mueble si tenemos "*sentarse en banco*".

5.5.4 Detección y corrección de malapropismos

Malapropismo es un error semántico de reemplazar una palabra real por otra, similar a la deseada en sonido y función sintáctica pero distinta en significado. Ejemplo, *centro histérico*(queriendo decir *centro histórico*). Para detectar el malapropismo se propone en (Bolshakov & Gelbukh 2003) basarse en anomalías semánticas en textos originados de los que el malapropismo usualmente destruye el contexto de colocaciones, es decir, la frase dada es sintácticamente correcta pero su colocación no. La ausencia de tal combinación en la base de datos de colocaciones puede significar un malapropismo en el texto revisado. Para corregir el error es necesario buscar entre las palabras reales las

similares a la errónea. Si un candidato restaura la colocación con las otras palabras del contexto, ésta podría ser mostrada al usuario para considerarse.

5.5.5 Traducción automática

Imagine una base de datos de colocaciones en español con una interfaz de opción de traducción. El usuario puede introducir, como consulta, una colocación correcta en un lenguaje diferente al español. Si existen en la base de datos de colocaciones, para cada colocación solicitada, una lista de sus equivalentes en español se mostrarán al usuario. Note que en dirección contraria una traducción correcta es generalmente irrealizable.

5.5.6 Reconocimiento de cohesión de texto

El texto *Maria comió rápidamente, las donas estaban sabrosas* parece consistente para nosotros, debido a que donas es comida, esto hace claro que María las comió. Una aplicación puede emular el reconocimiento de cohesión de texto si encuentra la colocación "*comer donas*" en la base de datos de colocaciones.

5.5.7 Segmentación en párrafos

En (Bolshakov & Gelbukh 2001b) se propone un método para segmentación automática de textos en párrafos. La cohesión en la palabra actual es medida por el número de palabras que están dentro de las ligas puramente semánticas y las ligas intracolocación. Una separación de párrafo es colocada cerca mínimo local de profundad definido para la medida de cohesión.

5.5.8 Esteganografía lingüística

Bits de información secreta pueden ser escondidos en un texto que parece inofensivo, seleccionando sinónimos específicos de palabras en un orden previamente acordado, estableciendo la selección del primer sinónimo posible de una palabra por 0, el segundo por 1, etc. Para mantener la cohesión y naturalidad del texto, el sistema elige sólo sinónimos que forman colocaciones de palabras compatibles.

5.6 Algoritmo para la extracción del diccionario de colocaciones a partir de un corpus de constituyentes

En el capítulo anterior presentamos el algoritmo y su implementación para la transformación del corpus de constituyentes Cast3LB en un corpus de dependencias. De esta forma, una vez que tenemos el corpus de dependencias aplicamos un algoritmo para extraer las colocaciones, el cual se describe a continuación.

1. Recorremos el árbol de dependencias en profundidad de izquierda a derecha, comenzando de la raíz.
2. Por cada nodo hijo del nodo visitado, se extrae el nodo padre, el nodo hijo y la relación de dependencia entre ellos. Si el nodo hijo es una preposición entonces éste se considera como la relación de dependencia y el nodo hijo de la preposición se considera el nodo hijo de la colocación.

No se consideran las colocaciones donde existen determinantes (artículos) debido a que, como mencionamos anteriormente, las colocaciones son pares de palabras de contenido con su relación sintáctica.

Para ilustrar un ejemplo consideramos la siguiente oración: *"Los policías y otros numerosos agentes de seguridad nacionales y extranjeros velarán por la seguridad de los líderes"* (los árboles de dependencias extraídos de esta oración se muestra en las figuras 16, 17 y 18)[1].

Recorriendo el primer árbol (figura 16), visitamos el primer nodo que sería la raíz y encontramos que la primer colocación a extraer es *velarán SUST policías*, donde *velarán* es el nodo padre, *policías* es el nodo hijo y *SUST* es la relación de dependencia entre ellos. La figura 23 muestra encerradas en óvalos las colocaciones a extraer del árbol de dependencias. Las colocaciones extraídas automáticamente de la oración "*Los policías y otros numerosos agentes de seguridad nacionales y extranjeros velarán por la seguridad de los líderes*" se muestran en la figura 24.

[1] Se extrajeron tres árboles de dependencias debido a que la oración contiene dos conjunciones coordinadas, ver punto 4.6.1

Tomando en cuenta la idea presentada anteriormente de resolver la ambigüedad sintáctica, agregamos información estadística (frecuencias) a las colocaciones extraídas.

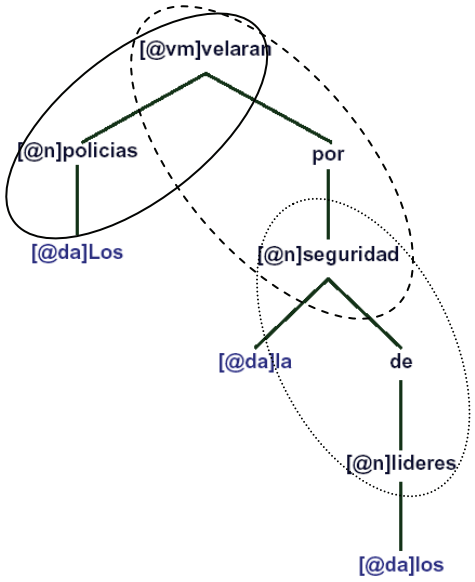


Figura 2. Colocaciones a extraer del primer árbol de dependencias de la oración "Los policías y otros numerosos agentes de seguridad nacionales y extranjeros velarán por la seguridad de los líderes".

agente ADJ extranjero
agente ADJ nacional
agente ADJ numeroso
agente de seguridad
seguridad de líder
velar SUST agente
velar SUST policía
velar por seguridad

Figura 3. Colocaciones extraídas automáticamente de la oración "Los policías y otros numerosos agentes de seguridad nacionales y extranjeros velarán por la seguridad de los líderes".

5.7 Implementación

El algoritmo se implementó en módulos para disminuir el tiempo de búsqueda de errores y para generar resultados en cada módulo que permitieran seguir el proceso del algoritmo.

La mayoría de los módulos se programaron en Minimacro, y algunos otros en Perl, dos lenguajes de programación enfocados al procesamiento de texto, que hacen uso de expresiones regulares para hacer más fácil el manejo de cadenas.

La tabla siguiente muestra los módulos principales del algoritmo y una descripción la entrada y salida de cada módulo.

Tabla 2. Descripción de la implementación de los módulos principales del algoritmo de extracción.

acentos.pl	Cambia las vocales acentuadas a vocales sin acentos y entre guiones (ejemplo: *á* la cambia por *_a_*). Recibe el corpus de dependencias y regresa el mimo corpus sin acentos.
treeview.mm	Este módulo toma las oraciones de dependencias y las pone en forma de árbol, especificando niveles por medio de sangrías. Recibe la salida de acentos.pl y regresa el corpus en forma de árboles.
tree2par.mm	Extrae las relaciones entre nodos padres e hijos utilizando la estructura de forma de árbol. Recibe la salida de treeview.mm y regresa una lista de relaciones entre padres e hijos.
goodpair.mm	Extrae las colocaciones. Recibe la salida de tree2par.mm y regresa una lista de colocaciones.
desacentos.pl	Este módulo busca las vocales que fueron desacentuadas para volverlas a acentuar. Recibe la salida de goodpair.mm y regresa la lista de colocaciones ya con acentos.

Para agregar las frecuencias de cada colocación no implementamos ningún módulo, ya que se utilizaron dos programas ya existentes; lsort.exe que ordena alfabéticamente las colocaciones y unique.exe que cuenta pone las frecuencias de cada colocación y elimina las repetidas.

5.8 Metodología de evaluación

Para evaluar las colocaciones obtenidas por el sistema, se seleccionaron dos muestras. Cada una consiste de 17 oraciones seleccionadas aleatoriamente de todas las oraciones del corpus Cast3LB.

El sistema extrae automáticamente las colocaciones de cada oración en ambas muestras. Para evaluarlas, un experto extrajo manualmente las colocaciones de las oraciones de cada muestra.

5.9 Resultados obtenidos

La tabla 4 muestra los resultados de las colocaciones extraídas manualmente, automáticamente, colocaciones que coinciden, la precisión y el *recall* por cada oración de la primera muestra seleccionada. La tabla 5 contiene los mismos resultados pero de la segunda muestra seleccionada. Por precisión se entiende el porcentaje de las colocaciones extraídas automáticamente que también fueron extraídas manualmente, mientras que por *recall* se entiende el porcentaje de las colocaciones extraídas manualmente que también fueron extraídas automáticamente.

El promedio de la precisión de la unión de las dos muestras es de 89.7, con una desviación estándar de 10.2, y el promedio de *recall* es de 88.7 con una desviación estándar de 11.3. La desviación estándar entre los dos promedios de las dos muestras es 0.5% para la precisión y 0.9% para el *recall*. Entonces, para otras muestras extraídas del mismo corpus, el porcentaje promedio de colocaciones correctas será similar a los valores obtenidos para las muestras seleccionadas.

Tabla 3. Resultados de colocaciones de la primera muestra.

Oración	Colocaciones extraídas manualmente	Colocaciones extraídas automáticamente	Colocaciones que coinciden	Precisión	*Recall*
1	15	15	13	86.7	86.7
2	28	30	21	70.0	75.0
3	9	9	8	88.9	88.9
4	12	12	11	91.7	91.7
5	11	11	10	90.9	90.9
6	6	6	6	100	100
7	9	9	5	55.6	55.6
8	15	15	15	100	100
9	11	11	11	100	100
10	17	17	16	94.1	94.1
11	9	6	6	100	66.7
12	13	10	10	100	76.9
13	7	7	7	100	100
14	14	13	12	92.3	85.7
15	12	12	12	100	100
16	15	15	12	80.0	80.0
17	8	8	8	100	100
			Promedio:	91.2	87.8

Tabla 4. Resultados de colocaciones de la segunda muestra.

Oración	Colocaciones extraídas manualmente	Colocaciones extraídas automáticamente	Colocaciones que coinciden	Precisión	*Recall*
1	3	3	3	100	100
2	18	20	18	90.0	100
3	8	8	6	75.0	75
4	10	10	10	100	100
5	9	9	7	77.8	77.8
6	8	8	8	100	100
7	5	5	5	100	100
8	13	13	11	84.6	84.6
9	16	17	15	88.2	93.8
10	18	18	18	100	100
11	12	12	11	91.7	91.7
12	12	12	11	91.7	91.7
13	11	11	9	81.8	81.8
14	8	10	6	60.0	75.0
15	8	8	7	87.5	87.5
16	13	13	10	76.9	76.9
17	33	31	29	93.5	87.9
			Promedio:	88.2	89.6

El sistema extrae automáticamente 40,121 colocaciones del corpus Cast3LB. Extrapolando los resultados, inferimos que 89.7% ± 0.5% de ellas son correctas (89.7% ± 10.2% en cada oración específica), y que el diccionario extraído contiene 88.7% ± 0.9% de las colocaciones contenidas realmente en el corpus (88.7% ± 11.3% de cada oración específica). Una muestra de las colocaciones obtenidas se puede ver en Anexo 5.

5.10 Uso del diccionario obtenido para la evaluación de un *parser* de dependencias

En esta sección se presenta una comparación del parser de dependencias para el español DILUCT contra el corpus Cast3LB. Además se compara el parser DILUCT otro parser conocido para el español, Connexor.

Para conocer el funcionamiento del *parser* de dependencias DILUCT vea Anexo 6.

Se siguió el esquema de evaluación propuesto por (Briscoe *et al*. 2002), que sugiere evaluar la precisión en base a relaciones gramaticales entre cabezas lematizadas. Este esquema es adecuado para evaluar *parsers* de dependencias y algunos de constituyentes, porque considera relaciones en un árbol, las cuales se presentan en ambos formalismos.

Para la evaluación se convirtió la salida de los árboles analizados por DILUCT y Connexor en colocaciones para compararlas con las colocaciones del corpus Cast3LB, extraídas en esta tesis.

Se seleccionaron aleatoriamente 190 oraciones del corpus Cast3LB y se analizaron con Connexor y DILUCT. A continuación se muestran los valores para las métricas de evaluación precisión y *recall* de los diferentes *parsers* contra las colocaciones del corpus Cast3LB.

	Precisión	*Recall*
Connexor	0.55	0.38
DILUCT	0.47	0.55

5.11 Conclusiones

En esta sección se presentó una técnica para obtener automáticamente colocaciones a partir de un corpus de constituyentes. Se obtuvo una base de datos con más de 40,000 colocaciones.

Como mencionamos anteriormente, las colocaciones son útiles en diferentes aplicaciones de procesamiento de lenguaje natural. Una de ellas resolver la ambigüedad sintáctica que es uno de los problemas más difíciles que se presentan en sistemas de procesamiento de lenguaje natural.

Otra aplicación importante es la utilización de colocaciones para la evaluación de analizadores sintácticos de dependencias y mostramos la evaluación de uno de ellos (DILUCT) utilizando el diccionario de colocaciones extraído en este trabajo.

CAPÍTULO

6

Conclusiones y trabajo futuro

Capítulo 6. Conclusiones y trabajo futuro

6.1 Discusión

Imagine un estudiante escribiendo un ensayo acerca del medio ambiente. Él conoce los temas que desea cubrir y tiene las ideas y los argumentos para hacerse entender. Además posee un repertorio de vocabulario útil, especialmente de sustantivos de alto contenido como medio ambiente, contaminación, capa de ozono. Lo que hace falta son las palabras que pueden ligar el vocabulario de alto contenido para convertirlo en un texto coherente —como un argumento o una narración—. La contaminación es un problema, pero ¿que se necesita hacer al respecto? Buscando en un diccionario de colocaciones y examinando rápidamente en la sección de verbos nos arrojara las opciones de *evitar / prevenir / combatir / controlar / pelear / limitar / minimizar / reducir / monitorear*. Con la ayuda de un diccionario común el estudiante puede escoger entre las opciones, la que exprese mejor lo que quiere decir. Esta tarea es una de las principales aplicaciones de un diccionario de colocaciones, así como muchas otras descritas en el capítulo 5.

La extracción de colocaciones es una tarea que se lleva a cabo dentro del formalismo de dependencias, porque los componentes de una colocación y su conexión sintáctica son fáciles de obtener en un árbol de dependencias.

Sin embargo, los recursos léxicos existentes, especialmente los corpus con etiquetado sintáctico manual, en su mayoría son orientados al formalismo de constituyentes —en parte por la inercia de las escuelas tradicionales y en parte porque resultan de proyectos de largo plazo cuyo desarrollo se empezó hace varios años.

De ahí surge la necesidad de la obtención automática o semiautomática de los recursos sintácticos para el formalismo de dependencias utilizando los recursos existentes en el formalismo de constituyentes.

Además, la representación de dependencias simplifica grandemente algunas tareas con respecto a la de constituyentes. Por ejemplo:

- En recuperación de información y minería del texto, encontrar una frase o hacer una búsqueda compleja en un corpus.
- En el análisis semántico, transformando el árbol de dependencias en cualquier representación semántica más cercana.
- Y por supuesto, como mencionamos anteriormente, extracción de colocaciones así como obtener información estadística de éstas.

6.2 Conclusiones

En base al trabajo desarrollado en esta tesis podemos concluir que:

1. Se desarrolló e implementó un algoritmo para construir árboles sintácticos de dependencias, a partir de un corpus de constituyentes. En resumen se describe el procedimiento como sigue:

    - Extraer una gramática de gran escala a partir de un corpus de constituyentes.
    - Desarrollar y aplicar las heurísticas para determinar los rectores de cada patrón extraído.
    - Marcar rectores dentro del corpus.
    - Desconectar nodos rectores y posicionarlos en el lugar del nodo padre hasta terminar en la raíz.

Ya que no existe consenso en los formalismos de dependencias de cómo manejar conjunciones coordinadas, para nuestro caso se implementó un módulo que cuando

encuentra una conjunción coordinada (*y*) marcada como rector se duplica (o multiplica) la oración de forma tal que cada oración contendrá un solo elemento de la conjunción.

Los resultados de la evaluación de heurísticas que utiliza el sistema para marcado de rectores en la gramática extraída muestran que el 99% de los patrones extraídos son marcados correctamente.

La evaluación del algoritmo de transformación de un corpus de constituyentes a un corpus de dependencias muestra una *precision* de 0.883 y un *racall* de 0.887.

2. Se desarrolló e implementó un algoritmo para extraer colocaciones sintácticas de un corpus etiquetado con constituyentes. Se describe en resumen el algoritmo como sigue:

   - A partir de los árboles de dependencias construidos, se recorre el árbol en profundidad de izquierda a derecha.
   - Por cada nodo hijo del nodo visitado, se extrae el nodo padre, el nodo hijo y la relación de dependencia entre ellos. Si el nodo hijo es una preposición entonces éste se considera como la relación de dependencia y el nodo hijo de la preposición se considera el nodo hijo de la colocación.
   - Se agregaron las frecuencias de cada colocación.

Se extrajeron 40,121 colocaciones del corpus Cast3LB, 89.7% ± 0.5% de las cuales son correctas. El diccionario extraído contiene 88.7% ± 0.9% de las colocaciones contenidas realmente en el corpus.

Se aplicaron los recursos obtenidos (diccionario de colocaciones) para la evaluación del *parser* de dependencias para el español, DILUCT.

6.3 Aportaciones

La extracción de colocaciones es una tarea que se lleva a cabo dentro del formalismo de dependencias, porque los componentes de una colocación y su conexión sintáctica son

fáciles de obtener en un árbol de dependencias. Sin embargo, la mayoría de los recursos léxicos existentes son orientados al formalismo de constituyentes. Estos recursos siguen creándose hoy en día.

Tener un método para transformar automáticamente corpus de constituyentes a dependencias tiene ventajas debido a que: cada corpus se limita al trabajo elaborado por un grupo de personas específicas que utilizan ciertos criterios, unir dos corpus de constituyentes creados por diferentes personas es difícil, mientras que un algoritmo de transformación puede tomar varios corpus de constituyentes para crear nuevos corpus.

Más específicamente, las aportaciones que se derivan de este trabajo se han dividido en dos rubros: aportaciones al conocimiento y aportaciones técnicas, las cuales se describen a continuación.

6.3.1 Aportaciones al conocimiento

- Desarrollo, implementación y evaluación de un algoritmo para la conversión de un corpus con estructuras sintáctica etiquetadas con constituyentes al corpus de dependencias.
- Desarrollo, implementación y evaluación de las heurísticas para la extracción, a partir de un corpus de constituyentes, de una gramática de gran escala capaz de construir los árboles sintácticos de dependencia.
- Desarrollo, implementación y evaluación de un algoritmo para la extracción de colocaciones sintácticas de un corpus etiquetado con constituyentes, incluido el tratamiento adecuado de preposiciones y conjunciones.
- Utilización de los resultados obtenidos en la evaluación de un analizador sintáctico de dependencias.

6.3.2 Aportaciones técnicas

- **Corpus** de español etiquetado con las **dependencias** sintácticas, obtenido automáticamente a través de conversión de un corpus de constituyentes.
- **Gramática** de español a gran escala, capaz de generar los árboles de dependencias, obtenida automáticamente a partir del corpus.

– **Base de datos** de colocaciones sintácticas de español, con información **estadística**, obtenida automáticamente a partir del corpus.

6.4 Publicaciones generadas

Alexander Gelbukh, Hiram Calvo, Sulema Torres. *Transforming a Constituency Treebank into a Dependency Treebank*. Procesamiento de Lenguaje Natural, No. 35, ISSN 1135-5948, España.

6.5 Trabajo futuro

– Utilizar el diccionario de colocaciones extraído para resolver ambigüedad sintáctica, siguiendo la idea presentada en esta tesis.
– Investigar cuáles analizadores sintácticos de dependencia se entrenan con gramática para integrarles la gramática extraída y hacerlos más robustos.
– Usar el diccionario de colocaciones extraído en desambiguación de sentidos de palabra (WSD) y ver los resultados.
– Hacer mejoras a los algoritmos presentados anteriormente para obtener mejores resultados, un ejemplo sería el uso del *que* como preposición en algunos grupos verbales (ejemplo: *tienen que tener*, donde *que* sería la relación sintáctica entre los dos verbos).

Referencias

Referencias

(Abney 1991) Abney, S. P. *Parsing by chunks*. In R. C. Berwick, S. P. Abney, and C. Tenny (Eds.) Principle-Based Parsing: Computation and Psycholinguistics. Kluwer, Dordrecht, 257-278, 1991.

(Aho *et al*. 1986) Aho, A. V., R. Sethi and J. D. Ullman. *Compilers. Principles, Techniques and Tools*. Addison Wesley Publishing Company, 1986.

(Allen 1995) Allen, J. F. *Natural Language Understanding.* Benjamin Cummings, 1995.

(Allerton 84) Allerton, D. J. (1984). *"Three or four levels of co-occurrence relations."* Lingua, 63, 17-40.

(Amsler 89) Amsler, B. (1989). *"Research towards the development of a lexical knowledge base for natural language processing."* In Proceedings, 1989 SIGIR Conference. Cambridge, MA.

(Apresyan et al. 89) Yuri D. Apresyan, Igor Boguslavski, Leonid Iomdin, Alexandr Lazurski, Nikolaj Pertsov, Vladimir San-nikov, Leonid Tsinman. 1989. *Linguistic Support of the ETAP-2 System* (in Russian). Moscow, Nauka.

(Arjona-Iglesias 1991) Arjona-Iglesias, M. *Estudios sintácticos sobre el habla popular mexicana.* Universidad Nacional Autónoma de México, 1991.

(Basili 1994) Basili, R., et al. *A "Not-so-shallow" parser for Collocational Analysis.* In Proceedings International Conference COLING-94. August 5-9 Kyoto, Japan, 447-453, 1994.

(Benson *et al*. 1986a) Benson, M., Benson, E., Ilson, R. *The BBI combinatory dictionary of English: a guide to word combinations.* John Benjamins Publishing Company, Philadelphia,1986.

(Benson *et al*. 1986b) Benson, M.; Benson, E.; and Ilson, R. *The Lexicographic Description of English*. John Benjamins, 1986b.

(Benson 1989a) Benson, M. *"The collocational dictionary and the advanced learner."* In Learner's Dictionaries: State of the Art, edited by M. Tickoo, 84--93. SEAMEO, 1989a.

(Benson 89b) Benson, M. (1989b). *The structure of the collocational dictionary*. International Journal of Lexicography, 2, 1-14.

(Benson 1990) Benson, M. (1990). "*Collocations and general-purpose dictionaries*". International Journal of Lexicography, 3(1), 23-35

(Berry-Rogghe 1973) Berry-Rogghe, Godelieve. *The computation of collocations and their relevance to lexical studies*. In Aitken, Adam J.; Bailey, Richard W., and Hamilton- Smith, Neil (Eds.) The Computer and Literary Studies. Edinburgh University Press, Edinburgh, United Kingdom, 103-112, 1973.

(Bloomfield 1933) Bloomfield, Leonard. *Language*. Holt, New York, 1933.

(Bolshakov & Gelbukh 2001a) Bolshakov, Igor, Gelbukh, Alexander. *A Large Database of Collocations and Semantic References: Interlingual Applications*. International J. of Translation, V.13, No. 1-2, 2001, pp. 167-187.

(Bolshakov & Gelbukh 2001b) Bolshakov, I. A., A. Gelbukh. *Text segmentation to Paragraphs based on Local Text Cohesion.* In: V. Matousek *et al.* (Eds). *Text Speech and Dialogue.* Proc. 4th Intern. Conf. TSD-2001. Lecture Notes in Artificial Intelligen 2166, Springer, 2001, p. 158-166.

(Bolshakov & Gelbukh 2003) Igor A. Bolshakov, Alexander Gelbukh. 2003. *On detection of Malapropisms by Multistage Collocation Testing*. NLDB-2003, 8th Int. Conf. on Application on Natural Lengauge to Information Systems. Bonner Köllen Verlag, pp. 28-41.

(Bolshakov 2004a) Bolshakov, Igor A. *A Method of Lenguistic Steganography Based on Collocationaly*-Verify Synonimy. Lecture Notes on Computing Science.

(Bolshakov 2004b) Bolshakov, Igor A. *Getting One's First Million… Collocations*. CICLing 2004, LNCS 2945 pp. 229-242

(Bolshakov & Gelbukh 2004) Bolshakov, Igor, Gelbukh, Alexander. *Computational Linguistics. Models, Resources, Applications.* Ciencia de la Computación. First Edition, México, 2004.

(Borsley 1990) Borsley, R. D. *Welsh Passives*. *In Celtic Linguistics: Readings in the Brythonic Languages*, a Festschrift for T. Arwyn Watkins, ed. Martin J. Ball, James Fife, Erich Poppe, and Jenny Rowland. Philadelphia & Amsterdam: Benjamin. (Published as vol. 68 of Current issues in Linguistic Theory), 1990.

(Brants 2000) Brants, Thorsten. 2000. TNT—*A Statistical Part-of-Speech Tagger*. In: Proc. ANLP-2000, 6th Applied NLP Conference, Seattle.

(Bresnan 1978) Bresnan, J. A *Realistic transformational Grammar*. In M. Halle, J. Bresnan and G. A. Miller (eds.), Linguistic Theory and Psychological Reality. Cambridge, Mass. MIT Press, 1978.

(Bresnan 1982) Bresnan, J. W., editor. *The Mental Representation of Grammatical Relations*. MIT Press, Cambridge, MA. 1982.

(Bresnan 1995) Bresnan, J. W. *Lexicality and Argument Structure 1*. Paris Syntax and Semantics Conference. October 12, 1995

(Briscoe & Carroll 93) Briscoe, E. and Carroll, J. *Generalized probabilistic LR parsing of natural language (corpora) with unification-based grammars*. Computational Linguistics, 19(1): 25--60, 1993.

(Briscoe *et al*. 2002) Briscoe, Ted. Jhon Carroll, Jonathan Graham and Ann Copestake. 2002. *Relational Evaluation Schemes*. In: Procs. Of the Beyond PARSEVAL Workshop, 3rd Internacional Conference on Language Resources and Evaluation, Las Palmas, Gran Canaria, 4-8.

(Calvo & Gelbukh 2003) Hiram Calvo, Alexander Gelbukh. 2003. *Natural Language Interface Framework for Spatial Object Composition Systems*. Procesamiento de Lenguaje Natural, N 31; www.gelbukh.com/CV/Publications/

2003/sepln03-2f.pdf.

(Calvo & Gelbukh 2004) Calvo Hiram, Alexander Gelbukh, Adam Kilgarriff. 2004. *Acquiring Selectional Preferentes from Untagged Text for Prepositional Phrase Attachment Disambiguation*. In: Proc. NLDB-2004, Lecture Notes in Computer Sciences, N 3136, pp. 207-216.

(Calvo *et al*. 2005) Calvo Hiram, Alexander Gelbukh, Adam Kilgarriff. 2005. *Distributional Thesaurus versus WordNet: A Comparison of Backoff Techniques for Unsupervised PP Attachment.* In Computacional Linguistic and Intelligent Text Processing(CICLing-2005).Lecture Notes in Computer Sciences N 3406, Springer-Verlag, pp. 177-188.

(Calvo & Gelbukh 2006) Calvo, Hiram and Gelbukh Alexander 2006. *DILUCT: An Open-Source Spanish Dependency Parser based on Rules, Heuristics, and Selectional Preferences.* UNISCON 2006.

(Cano 1987) Cano Aguilar, R. *Estructuras sintácticas transitivas en el español actual.* Edit. Gredos. Madrid, 1987.

(Cerdá 1975) Cerdá, Massó Ramón. *Lingüística Hoy. Colección "Hay que saber"*. 3ª Edición, Teide. Barcelona, España, 1975.

(Chomsky 1957) Chomsky, N. *Syntactic Structures*. The Hague: Mouton & Co, 1957.

(Chomsky 1965) Chomsky, N. *Aspects of the Theory of Syntax.* MIT Press, Cambridge, MA. 1965.

(Chomsky 1970) Chomsky, N. *Remarks on Nominalization*. In R. A. Jacobs and P. S. Rosenbaum (eds.), Readings in English Transformational Grammar. Waltham, Mass.: Ginn-Blaisdell, 1970.

(Chomsky 1982) Chomsky, N. *Some Concepts and Consequences of the theory of Government and Binding*. MIT Press, 1982. Editada bajo el título de *La nueva sintaxis. Teoría de la rección y el ligamento*. Ediciones Paidós, 1988.

[Chomsky 1986) Chomsky, N. *Knowledge of language: Its nature, origin and use*. Praeger, New York, 1986.

[Choueka 1988) Choueka, Y. (1988). *"Looking for needles in a haystack."* In Proceedings, RIAO Conference on User-Oriented Context Based Text and Image Handling, 609-623. Cambridge, MA.

(Church & Patil 1982) Church, K. and Patil, R. *Coping with syntactic ambiguity or how to put the block in the box on the table.* Computational Linguistics 8, 139-149, 1982.

(Collins 1999) Collins, M. *Head-driven Statistical Models for Natural language parsing.* Ph.D. Thesis University of Pennsylvania.

(Cowie 1981) Cowie, A. P. (1981). *"The treatment of collocations and idioms in learner's dictionaries."* Applied Linguistics, 2(3), 223—235

(Cruse 1986) Cruse, D. A. (1986). *Lexical Semantics.* Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom.

(Dalrymple *et al*. 1995) Dalrymple, M., Ronald Kaplan, J. T. Maxwell III and Annie Zaenen (eds*.). Formal Issues in Lexical Functional Grammar*. Stanford CSLI Publications, 1995.

(DECIDE 1996) The DECIDE project. *Designing and Evaluating Extraction Tools for Collocations in Dictionaries and Corpora*. http://engdep1.philo.ulg.ac.be/ decide/ 1996

(Dellenbaugh & Dellenbaugh 1990) Dellenbaugh, D., and Dellenbaugh, B. (1990). *Small Boat Sailing*, a Complete Guide. Sports Illustrated Winner's Circle Books.

(DG Website 1999) *DG Website Dependency-Based Approaches to Natural Language Syntax.* http://ufal.mff.cuni.cz/dg/%20dgmain.html 1999.

(Earl 1973) Earl, Lois L. *Use of word government in resolving syntactic and semantic ambiguities.* Information Storage and Retrieval, 9, 639-664, 1973

(Erbach & Uszkoreit 90) G. Erbach and H. Uszkoreit. *Grammar Engineering: Problems and Prospects.* Report on the Saarbrücken Grammar Engineering Workshop. University of the Saarland and German Research Center for Artificial Intelligence. CLAUS Report No. 1, July 1990

(Fillmore 1976) Fillmore, C. J. *Frame semantics and the nature of language*. Annals of the New York Academy of Sciences 280, 20-32, 1976.

(Fillmore 1977) Fillmore, C. J. *The case for case reopened in Syntax and Semantics.* In: Cole P., J. R. Harms (eds.). Vol. 8: Grammatical Relations. Academic Press, NY. 1977.

(Franz 1996) Franz, A. *Automatic Ambiguity Resolution in Natural Language processing. An Empirical Approach.* Lecture Notes in Artificial Intelligence 1171. Springer Verlag Berlin Heidelberg, 1996

(Fraser 1994) Fraser, N. *Dependency parsing,* PhD thesis, UCL, London, 1994.

(Galicia-Haro *et al*. 1999) Galicia-Haro Sofía N., Bolshakov I. A. y Gelbukh A. F. *Un modelo de descripción de la estructura de las valencias de verbos españoles para el análisis automático de textos.*1999

(Galicia-Haro 2000) Galicia-Haro Sofía N., *Análisis sintáctico conducido por un diccionario de patrones de manejo sintáctico para lenguaje español.* Tesis doctoral, CIC, IPN, México, 2000.

(Galicia-Haro *et al*. 2001) Galicia-Haro Sofía N., Gelbukh A. F. y Bolshakov I. A. *Una aproximación para resolución de ambigüedad estructural empleando tres mecanismos diferentes.* J. Procesamiento de Lenguaje Natural, No 27, September 2001. SEPLN, Spain, 55-64, 2001.

(Gazdar *et al*. 1985) Gazdar, G., E. Klein, G. K. Pullum, and I. A. Sag. *Generalized Phrase Structure Grammar*. Oxford, Blackwell, 1985.

(Gelbukh 1997) Gelbukh, Alexander. *Using a semantic network for lexical and syntactical disambiguation.* CIC-97, nuevas aplicaciones e Innovaciones Tecnológicas en Computación, Simposio Internacional de Computación, Mexico City, Mexico, pp. 352-366, 1997.

(Gelbukh 1998) Gelbukh, A. *Lexical, syntactic, and referencial disambiguation using a semantic network dictionary*. Technical report. CIC, IPN, 1998.

(Gelbukh 1999) Gelbuck, A. *Syntactic disambiguation with weighted extended subcategorization frames* Proc. PACLING-99, 1999, pp 244-249.

(Gelbukh 2000) Gelbukh, Alexander. *Computational Processing of Natural Language: Tasks, Problems and Solutions*. Congreso Internacional de Computación en México D.F., Nov 15-17, 2000.

(Gelbukh & Sidorov 2001) Gelbukh, Alexander y Sidorov Grigori. *La estructura de dependencias entre las palabras en un diccionario explicativo del español: resultados preliminares*, 2001

(Gelbukh *et al*. 2003) Alexander Gelbukh, Grigori Sidorov, Francisco Velásquez. 2003. *Analisis Morfológico Automático del Español a Través de Generación. Escritos*, N 28, pp. 9 – 26.

(Gelbukh *et al*. 2004a) Alexander Gelbukh, Grigori Sidorov, San-Yong Han, and Erika Hernández-Rubio. *Automatic Enrichment of Very Large Dictionary of Word Combinations on the Basis of Dependency Formalism*. Lecture Notes in Artificial Intelligence N 2972, 2004, ISSN 0302-9743, Springer-Verlag, pp 430-437.

(Gelbukh *et al*. 2004b) Alexander Gelbukh, Grigori Sidorov, San-Yong Han, and Erika Hernández-Rubio *Automatic Syntactic Analysis for Detection of Word Combinations.* Lecture Notes in Computer Science N 2945, ISSN 0302-9743, Springer-Verlag, pp 243-247.

(Gladki 1985) A. V. Gladki. 1985. *Syntax Structures of Natural Language in Automated Dialogue Systems*(in Russian). No. 34, Spain.

(Halliday 1966) Halliday, M. A. K. (1966). *"Lexis as a linguistic level."* In In Memory of J. R. Firth, edited by C. E. Bazell, J. C. Catford, M. A. K. Halliday, and R. H. Robins, 148-162. Longmans Linguistics Library.

(Halliday 1967) Halliday, M. *Notes on transitivity and theme in English*. Journal of Linguistics 3, 37-82, 199-244, 1967.

(Halliday 1968) Halliday, M. *Notes on transitivity and theme in English*. Journal of Linguistics 4, 179-216, 1968.

(Hellwig 1980) Hellwig, P. *PLAIN - A Program System for Dependency Analysis and for Simulating Natural Language Inference*. In: Leonard Bolc, ed., Representation and Processing of Natural Language, 271-376. Munich, Vienna, London: Hanser & Macmillan, 1980.

(Hellwig 1986) Hellwig, P. *Dependency Unification Grammar (DUG)*. In: Proceedings of the 11th International Conference on Computational Linguistics (COLING 86), 195-198. Bonn: Universit„t Bonn, 1986.

(Hindle 1993) Hindle, Donald y Rooth, Mats. *Structural Ambiguity and Lexical Relations*. Computational Linguistics, 19(1), 103-120, 1993.

(Hirst 1987) Hirst, Graeme. *Semantic interpretation and the resolution of ambiguity*. Studies in Natural Language Processing. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, 263. 1987.

(Hudson 1984) Hudson, R. A. *Word Grammar*. Oxford, Blackwell. 1984.

(Hudson 1990) Hudson, R. A. *English Word Grammar*. Oxford: Blackwell. 1990

(Hudson 1998) Hudson, R. A. (eds.) *Dependency and Valency*. An International Handbook of Contemporarary Research. Berlin: Walter de Gruyter. http://www.phon.ucl.ac.uk/home/dick/ wg.htm 1998.

(Katz & Postal 1964) Katz, J. J. and P. M. Postal. *An Integrated Theory of Linguistic Descriptions*. Cambridge, Mass. MIT Press, 1964.

(Kay,1973) Kay, M. *The MIND system*. In R. Rustin (ed.) Natural language processing. New York, Algorithmics Press, 155-188, 1973.

(Ledo-Mezquita 2005) Ledo-Mezquita, Yoel. *Recuperación de información con resolución de ambigüedad de sentidos de palabras para el español*. Tesis doctoral, CIC, IPN, México, 2005.

(Lombardi & Lesmo 1998) Lombardi, V., L. Lesmo. *Formal Aspects and Parsing Issues of dependency theory*. In Proceedings International Conference COLING-ACL'98. August 10-14 Quebec, Canada, 787-793, 1998.

(Lyons 1977) Lyons, J. *Semantics*. Cambridge, 1977.

(McKeown & Radev, 1998) Kathleen R. McKeown and Dragomir R. Radev. *Collocations*. Dale, R., Moisl, H., and Somers, H. (Editors), Handbook of Natural Language Processing. Marcel Dekker, 1998.

(Meillet, 1926) Meillet, Antoine. *Linguistique historique et linguistique générale*. Vol. 1. Champion, Paris, 351, 1926.

(Mel'cuk & Zholkovsky, 1970) Mel'cuk, I. A. and A. K. Zolkovsky. *Towards a functioning meaning-text model of language*. Linguistics 57: 10- 47, 1970.

(Mel'cuk 1979) Mel'cuk, I. A. *Dependency Syntax*. In P. T. Roberge (ed.) Studies in Dependency Syntax. Ann Arbor: Karoma 23-90, 1979.

(Mel'cuk 1981) Mel'cuk, I. A. 1981. *Meaning-Text models: an recent trend in Sovietic linguistics*. Annual Review of Anthropology 10, 27-62.

(Mel'cuk 1988) Mel'cuk, I. *Dependency Syntax: Theory and Practice*. New York: State University of New York Press, 1988.

(Montague 1970) Montague, R. *Universal Grammar*. Theoria 36: 373- 398, 1970.

(Montague 1974) Montague, R. *Universal Grammar*. In Richard Thomason (eds.), Formal Philosophy. New Haven: Yale University Press, 1974.

(Morales-Carrasco & Gelbukh, 2003) Morales-Carrasco, Raul and Gelbuck, Alexander. 2003. *Evaluation of TnT Tagger for Spanish*. Proc. 4th Mexican International Conference on Computer Science, México. IEEE Computer Society Press.

(Nakhimovsky & Leed, 1979) Nakhimovsky, A. D., and Leed, R. L. (1979). "*Lexical functions and language learning*." Slavic and East European Journal.

(Navarro *et al.* 2003) Navarro, Borja. Monserrat, Civit, M. Antonia Marti, R. Marcos, B. Fernández. Syntactic, Semantic and Programatic Annotation in Cast3LB. *Shallow Processing of Large Corpora (SProLaC), a Workshop on Corpus linguistic,* Lancaster, UK, 2003

(Oxford Collocations) *Oxford Collocations Dictionary for Students of English*. Oxford University Press, 2003.

(Perlmutter 1983) Perlmutter, D. N. (ed.) *Studies in Relational Grammar I*. Chicago: University of Chicago Press, 1983.

(Peters & Ritchie 1973) Peters, P. S. and R. W. Ritchie. *On the generative power of transformational grammars*. Information Science, 6, pp. 49 - 83, 1973.

(Pollard 1984) Pollard, C. J. *Generalized Context-free Grammars, head Grammars and Natural Languages.* Ph. D. Thesis Departament of Linguistics. Stanford University, 1984.

(Pollard & Sag 1987) Pollard, C. J. and I. A. Sag. *Information-based syntax and semantics*. CSLI Lecture notes series. Chicago University Press. Chicago II. Center for the Study of Language and Information; Lecture Notes Number 13, 1987.

(Pollard & Sag 1994) Pollard, C. J. and I. A. Sag. *Head-Driven Phrase Structure Grammar.* The University of Chicago Press, Chicago & London, 1994.

(Rambow & Joshi 1992) Rambow O., Joshi A. *A formal look at dependency grammars and phrase-structure grammars, with special consideration of word-order phenomena*. In: International Workshop on The Meaning-Text Theory, K. Henelt, L. Wanner (eds.) Arbeitspapier der GMD, No. 671, 1992.

(Resnik & Hearst 1993) Resnik, P. and Hearst, M. *Syntactic ambiguity and conceptual relations.* In: K. Church(ed.) Proceedings of the ACL Workshop on Very Large Corpora, 58-64, 1993.

(Sag & Wasow 1999) Sag, I. A. and Wasow, T. *Syntactic Theory: A Formal Introduction.* Center for the study of language and information, 1999.

(Sag, *et al*. 2003) Sag, Ivan, Tom Wasow, and Emily M. Bunder. 2003. *SyntacticTheory. A Formal Introduction*(Second Edition). CSLI Publications, Standford, CA.

(Salomaa, 71) Salomaa, A. *The generative power of transformational grammars of Ginsburg and Partee*. Information and Control, 18, pp. 227-232, 1971.

(Seco 1972) Seco, M. *Gramática esencial del español*. Introducción al estudio de la lengua. Aguilar, 1972.

(Sekine *et al* 92) Sekine, S., Carroll, J. J., Ananiadou, S. and Tsujii, J. *Automatic Learning for Semantic Collocation.* In Proceedings of the 3rd Conference on Applied Natural Language Processing, Trento, Italy, 104-110, 1992.

(Sells 85) Sells, P. *Lectures on Contemporary Syntactic Theories.* CSLI Lecture Notes, Stanford, CA. Number 3, 1985.

(Sharman 89) Sharman, R. A. *An introduction to the Theory of Language Models*, IBM UKSC Report 204, 1989.

(Sidorov 1999) Sidorov, G. *Métodos de análisis de la combinabilidad de palabras en ruso* (en ruso). En: Taal en cultur, Maastricht, Holanda y Moscú, Rusia, 1999, pp. 294–302.

(Sidorov 2001) Sidorov, G.. *Problemas actuales de lingüística computacional*. Revista digital universitaria, UNAM, México. Vol. 2 No. 1, 2001.

(Sidorov 2005a) Sidorov, G. *La capacidad lingüística de las computadoras*. Conversus, Vol. 36, 2005, pp. 28–37.

(Sidorov 2005b) Sidorov G. *Etiquetador Morfológico y Desambiguador Manual: Dos Aplicaciones del Analizador Morfológico Automático para el Español*. En: Memorias del VI encuentro internacional de computación ENC-2005, México, Puebla, 2005, pp. 147–149.

(Smadja 93) Smadja, F. A. *Retrieving Collocations from Text: Xtract.* Computational Linguistics 19.1: 143-176, 1993

(Small 1987) Small, S. *A distributed word-based approach to parsing: Word Expert Parsing*. In Natural Language Parsing System. Edited by Bolc. Springer Verlag, 1987.

(Sowa 1984) John F. Sowa. 1984. Conceptual Structures: Information Processing in Mind and Machine. Addison-Wesley Publishing Co. Reading, MA.

(Steele 1990) Steele, J. *Meaning - Text Theory.* Linguistics, Lexicography, and Implications. James Steele, editor. University of Ottawa press, 1990.

(Tapanainen *et al*. 1997) Tapanainen, P., Järvinen, T., Heikkilä, J., Voutilainen. A. *Functional Dependency Grammar*. http://www.ling.helsinki.fi/~tapanain/dg/ 1997.

(Tejada-Cárcamo 2006) Tejada Cárcamo Javier., *Desambiguación de sentidos de palabras usando relaciones sintácticas como contexto local.* Tesis de Maestría, CIC, IPN, México, 2006.

(Tesnière 1959) Tesniere, L. *Elements de syntaxe structural*. Paris: Klincksiek. (German: Tesniere, L. (1980): Grundzüge der strukturalen Syntax. Stuttgart: Klett-Cotta.) 1959.

(Wilks 1975) Wilks, Yorick A. *Preference semantics.* In Keenan, E. L. III (Ed.), Formal Semantics of Natural Language. Cambridge University Press, 329-348, 1975.

(Wilks *et al*. 1993) Wilks Y., Fass D., Guo C., McDonal J., Plate T. and Slator B. *Providing Machine Tractable dictionary tools*. In Semantics and the lexicon (Pustejowsky J. Ed.) 341-401, 1993.

(Wilks 1998) Wilks, Yorick A. *Senses and texts.* In Computers and the Humanities, 1998.

(Yarowsky 1993) Yarowsky, David. *One sense per collocation.* Proceeding of ARPA Human Language Technology Workshop, Princeton, New Jersey, 266-271, 1993.

(Yngve 1955) Yngve, Victor H. *Syntax and the problem of multiple meaning*. In Locke, William N. and Booth, A. Donald (Eds.), Machine translation of languages. John Wiley & Sons, New York, 208-226, 1955.

(Yuret 1998) Yuret, D. *Discovery of Linguistic Relations Using Lexical Attraction.* Ph. D. thesis. Massachusetts Institute of Technology, 1998.

Anexos

Anexos

Anexo 1. Significado de las etiquetas utilizadas para la anotación del corpus Cast3LB

En el corpus Cast3LB se etiquetan dos cosas: elementos de constituyentes no-terminales y elementos de constituyentes terminales. Los elementos no-terminales son aquellos que no tienen palabras específicas y los terminales son los que contienen palabras del lenguaje (Véase capítulo 3).

Etiquetas principales de elementos no-terminales

Etiqueta	Significado
S	oración
coord	coordinación
relatiu	relativo
gv	grupo verbal
infinitiu	infinitivo
morfema.verbal	morfema verbal
grup.nom	grupo nominal
sn	sintagma nominal
sp	sintagma preposicional
s.a	sintagma adjetival
sadv	sintagma adverbial
neg	negación
espec	especificador

Funciones adicionales

Las funciones adicionales son etiquetas que se agregan a ciertos elementos no-terminales para especificarles más información. La siguiente tabla muestra en la columna izquierda

la etiqueta de función, en la columna de enmedio muestra el significado y en la columna derecha muestra los elementos a los que se puede agregar tal etiqueta.

Etiqueta de función	Significado	Constituyente al que se puede agregar
.F	finita	S
.NF	no finita	S
.C	complemento	S.F, S.NF
.A	ambigüedad	S.F, S.NF
.co	coordinación	S, S.F.C, S.NF.C, sn, grup.nom. s.a(.mp, .ms, .fp, .fs)
.ms	masculino singular	grup.nom, s.a, espec
.mp	masculino plural	grup.nom, s.a, espec
.fs	femenino singular	grup.nom, s.a, espec
.fp	femenino plural	grup.nom, s.a, espec
-SUJ	sujeto	sn, relatiu, S.F.C, S.NF.C
-CD	complemento directo	relatiu, S.F.C, S.F.C.co, sn, sp
-CI	complemento indirecto	sn, sp
-ATR	atributo	s.a, sn, S.F.C, S.NF.C, sp
-CPRED	complemento predicativo	s.a, sn, sp
-CREG	complemento de régimen verbal	relatiu, sadv, S.F.C, sn, sp
-CAG	complemento agente	sp
-CC	complemento circunstancial	sadv, S.F.A, S.NF.A, S.F.C, sn, sp
-ET	elemento textual	sadv, sp
-MOD	modalizador	sadv, sp
-NEG	negación	neg
-PASS	pasivo	morfema.verbal
-IMPERS	impersonal	morfema.verbal
-VOC	vocativo	sn
-AO	adjuntos oracionales	sp, sadv, S.F.A

Ejemplos

Etiqueta	Significado
S.co	oración coordinada
sn-SUJ	sintagma nominal del sujeto
s.a.mp.co	sintagma adjetival masculino plural coordinado
grup.nom.fs	grupo nominal femenino singular

Etiquetas principales de elementos terminales

Adjetivo

Atributo	Valor	Código
Categoría	Adjetivo	a
Tipo	Calificativo	q
	Ordinal	o
Apreciativo	Sí	a
Género	Masculino	m
	Femenino	f
	Común	c
Número	Singular	s
	Plural	p
	Invariable	n
Participio	Sí	p

Adverbio

Atributo	Valor	Código
Categoría	Adverbio	r
Tipo	General	g
	Negativo	n

Conjunción

Atributo	Valor	Código
Categoría	Conjunción	c
Tipo	Coordinada	c
	Subordinada	s

Determinante

Atributo	Valor	Código
Categoría	Determinante	d
Tipo	Demostrativo	d
	Posesivo	p
	Interrogativo	t
	Exclamativo	e
	Indefinido	i
	Articulo	a
	Numeral	n
Persona	Primera	1
	Segunda	2
	Tercera	3

Género	Masculino	m
	Femenino	f
	Común	c
	Neutro	n
Número	Singular	s
	Plural	p
	Invariable	n
Poseedor	Singular	s
	Plural	p

Preposiciones

Atributo	Valor	Código
Categoría	Adposición	s
Tipo	Preposición	p
Forma	Simple	s
	Contraida	c
Género	Masulino	m
Número	Singular	s

Pronombre

Atributo	Valor	Código
Categoría	Pronombre	p
Tipo	Personal	p
	Demostrativo	d
	Posesivo	x
	Interrogativo	t
	Relativo	r
	Indefinido	i
	Numeral	n
	Exclamativo	e
Persona	Primera	1
	Segunda	2
	Tercera	3
Género	Masculino	m
	Femenino	f
	Común	c
	Neutro	n
Número	Singular	s
	Plural	p
	Invariable	n
Caso	Nominativo	n
	Acusativo	a
	Dativo	d
	Oblicuo	o

Poseedor	Singular	s
	Plural	p
Politeness	Polite	p

Sustantivo (Nombre)

Atributo	Valor	Código
Categoría	Nombre	n
Tipo	Común	c
	Propio	p
Género	Masculino	m
	Femenino	f
	Común	c
Número	Singular	s
	Plural	p
	Invariante	n
-	-	0
-	-	0
Apreciativo	Sí	a

Verbo

Atributo	Valor	Código
Categoría	Verbo	v
Tipo	Principal	m
	Auxiliar	a
	Semiauxiliar	s
Modo	Indicativo	i
	Subjuntivo	s
	Imperativo	m
	Infinitivo	n
	Gerundio	g
	Participio	p
Tiempo	Presente	p
	Imperfecto	i
	Futuro	f
	Condicional	c
	Pasado	s
Persona	Primera	1
	Segundo	2
	Tercero	3
Número	Singular	s
	Plural	p
Género	Masculino	m
	Femenino	f

Signos de Puntuación

Signo	Código	Signo	Código	Signo	Código
,	Fc	.	Fp	“	Fe
…	Fs	:	Fd	″	Fe
;	Fx	%	Ft	’	Fe
-	Fg	/	Fh	-	Fg
‘	Fe	(	Fpa	)	Fpt
¿	Fia	?	Fit	¡	Faa
!	Fat	[	Fca	]	Fct
{	Fla	}	Flt	«	Fra
»	Frc	Otros	Fz		

Ejemplos

Etiqueta	Significado	Palabra ejemplo
aq0cp0	adjetivo calificativo común plural	estadounidenses
ao0fs0	adjetivo ordinal femenino singular	última
rg	adverbio general	hoy
rn	adverbio negativo	no
da0fs0	determinante artículo femenino singular	la
di0ms0	determinante indefinido masculino singular	mismo
ncfp000	sustantivo común femenino plural	encuestas
np00000	nombre común	Fox
vmip3p0	verbo principal indicativo presente tercera persona plural	caminan
vaip3s0	verbo auxiliar indicativo presente tercera persona singular	ha
sps00	adposición preposición simple	sobre
spcms	adposición preposición compuesta masculino singular	del
pp3cna00	pronombre personal 3ª persona común invariable acusativo	lo
pd0ns000	pronombre demostrativo neutro singular	esto
cc	conjunción coordinada	y
cs	conjunción subordinada	Que

Anexo 2. Muestras del corpus de constituyentes Cast3LB

El corpus Cast3LB es un archivo de texto plano que contiene aproximadamente 3,500 oraciones etiquetadas sintácticamente. Se presentan los siguientes ejemplos.

Muestra del corpus para la oración *"Las reservas de oro y divisas de Rusia subieron 800_millones_de_dólares y el 26_de_mayo equivalían a 19.100_millones_de_dólares, informó hoy un comunicado del Banco_Central"*.

```
(
 (S
  (S.F.C.co-CD
   (S.F.C
    (sn-SUJ
     (espec.fp
      (da0fp0 Las el))
     (grup.nom.fp
      (ncfp000 reservas reserva)
      (sp
       (prep
        (sps00 de de))
       (sn
        (grup.nom.co
         (grup.nom.ms
          (ncms000 oro oro))
         (coord
          (cc y y))
         (grup.nom.fp
          (ncfp000 divisas divisa)))))
      (sp
       (prep
        (sps00 de de))
       (sn
        (grup.nom
         (np00000 Rusia Rusia))))))
    (gv
     (vmis3p0 subieron subir))
    (sn-CC
     (grup.nom
      (Zm 800_millones_de_dólares 800_millones_de_dólares))))
   (coord
    (cc y y))
   (S.F.C
    (sn-CC
     (espec.ms
      (da0ms0 el el))
     (grup.nom.ms
      (w 26_de_mayo 26_de_mayo)))
    (sn.e-SUJ *0*)
    (gv
     (vmii3p0 equivalían equivaler))
```

```
    (sp-CREG
      (prep
        (sps00 a a))
      (sn
        (grup.nom
          (Zm 19.100_millones_de_dólares 19.100_millones_de_dólares)))))
  (Fc , ,))
 (gv
  (vmis3s0 informó informar))
 (sadv-CC
  (rg hoy hoy))
 (sn-SUJ
  (espec.ms
    (di0ms0 un uno))
  (grup.nom.ms
    (ncms000 comunicado comunicado)
    (sp
      (prep
        (spcms del del))
      (sn
        (grup.nom.ms
          (np00000 Banco_Central Banco_Central))))))
 (Fp . .)))
```

Muestra del corpus para la oración *"Los abogados de Microsoft aseguran que la división de la firma disminuiría gravemente su capacidad para competir en el mercado de los programas informáticos"*.

```
(
  (S
    (sn-SUJ
      (espec.mp
        (da0mp0 Los el))
      (grup.nom.mp
        (ncmp000 abogados abogado)
        (sp
          (prep
            (sps00 de de))
          (sn
            (grup.nom
              (np00000 Microsoft Microsoft))))))
    (gv
      (vmip3p0 aseguran asegurar))
    (S.F.C-CD
      (conj.subord
        (cs que que))
      (sn-SUJ
        (espec.fs
          (da0fs0 la el))
        (grup.nom.fs
          (ncfs000 división división)
          (sp
            (prep
              (sps00 de de))
            (sn
              (espec.fs
```

```
          (da0fs0 la el))
         (grup.nom.fs
          (ncfs000 firma firma))))))
    (gv
     (vmic1s0 disminuiría disminuir))
    (sadv-CC
     (rg gravemente gravemente))
    (sn-CD
     (espec.fs
      (dp3cs0 su su))
     (grup.nom.fs
      (ncfs000 capacidad capacidad)
      (sp
       (prep
        (sps00 para para))
       (S.NF.C
        (infinitiu
         (vmn0000 competir competir))
        (sp-CC
         (prep
          (sps00 en en))
         (sn
          (espec.ms
           (da0ms0 el el))
          (grup.nom.ms
           (ncms000 mercado mercado)
           (sp
            (prep
             (sps00 de de))
            (sn
             (espec.mp
              (da0mp0 los el))
             (grup.nom.mp
              (ncmp000 programas programa)
              (s.a.mp
               (aq0mp0 informáticos informático))))))))))))
  (Fp . .)))
```

Muestra del corpus para la oración *"He escrito algunas tonterías"*.

```
(
 (S
  (sn.e-SUJ *0*)
  (gv
   (vaip1s0 He haber)
   (vmp00sm escrito escribir))
  (sn-CD
   (espec.fp
    (di0fp0 algunas alguno))
   (grup.nom.fp
    (ncfp000 tonterías tontería)))
  (Fp . .)))
```

Anexo 3. Las reglas principales de la gramática extraída

Se extrajeron 2668 reglas del corpus Cast3Lb. A continuación se muestran las reglas extraídas que se repiten más de 50 veces (al lado izquierdo aparece la frecuencia de cada regla). El significado de las etiquetas se explica en Anexo 1. Las etiquetas marcadas con "@" son el rector de cada regla gramatical.

13045 sn ← espec @grupnom
12234 sp ← @prep sn
3335 grupnom ← @n sp
1902 grupnom ← @n s.a
1224 sp ← @prep S
996 grupnom ← @n S
828 S ← S @coord S
542 gv ← va @vm
542 grupnom ← s.a @n
540 S ← @infinitiu sn
484 grupnom ← @n s.a sp
430 sn ← sn @coord sn
423 grupnom ← @n sn
406 grupnom ← grupnom @coord grupnom
402 S ← @aq sp
377 grupnom ← s.a @n sp
357 gv ← vm @infinitiu
349 S ← sn @gv sn
292 grupnom ← @n sp sp
276 S ← @infinitiu sp
248 s.a ← sadv @aq
243 grupnom ← @n s.a S
242 S ← @gv sn
240 sn ← espec @S
234 S ← relatiu @gv sn
233 S ← sn @gv sp
228 S ← sn @gv S
217 grupnom ← @n sp S
204 sp ← sp @coord sp
182 s.a ← s.a @coord s.a
165 sn ← espec @relatiu
164 S ← conj sn @gv sn
163 s.a ← sadv @aq
152 S ← relatiu @gv sp
131 S ← @gv S
128 espec ← di @da
128 S ← conj @gv sn
126 s.a ← @aq sp
126 gv ← vm sps @infinitiu
122 sp ← @prep sadv
121 S ← @infinitiu sn sp
120 gv ← vm @gerundi
104 sn ← espec @sp
103 S ← sadv @aq
102 S ← conj S @coord S
102 S ← @gv sp
98 grupnom ← @n sp sn
93 S ← sp @gv sn
93 S ← sn @gv sn sp
91 espec ← @da di
90 grupnom ← s.a @n S
88 grupnom ← @n s.a s.a
87 gv ← vs @vm
85 S ← @infinitiu S
84 s.a ← @aq sp
84 grupnom ← s.a @n s.a
78 S ← conj sn @gv sp
78 S ← @gv sn sp
75 S ← sn @gv s.a
73 S ← sp sn @gv sn
72 S ← @gerundi sn
71 S ← sn @gv sp sp
71 S ← relatiu @gv
69 S ← relatiu @gv sn sp
69 S ← S @gv sn
65 grupnom ← @n s.a sn
64 espec ← @da dn
64 S ← sn morf @gv sp
61 S ← @infinitiu sp sp
58 S ← relatiu @gv S
57 S ← sadv @gv sn
57 S ← conj @gv sp
56 S ← relatiu sn @gv sp
55 S ← sn @gv
55 S ← S S @coord S
53 S ← sadv @aq sp
51 grupnom ← grupnom grupnom @coord grupnom
51 grupnom ← @n S sp
50 S ← relatiu sn @gv

Ejemplos para las primeras 20 reglas de gramática extraídas

Regla	Ejemplo
sn ← espec @grupnom	espec[el] grupnom[informe]
sp ← @prep sn	prep[según] sn[el informe informe]
grupnom ← @n sp	n[presidente] sp[de la república]
grupnom ← @n s.a	n[dólares] s.a[estadounidenses]
sp ← @prep S	prep[para] S[poder responder a la falta de mano de obra]
grupnom ← @n S	n[cambios] S[que está comportando la nueva economía]
S ← S @coord S	S[Las reservas de oro y divisas de Rusia subieron 800_millones_de_dólares] coord[y] S[el 26_de_mayo equivalían a 19.100_millones_de_dólares, informó hoy un comunicado del Banco_Central]
gv ← va @vm	va[haber] vm[llegado]
grupnom ← s.a @n	s.a[pequeñas] n[empresas]
S ← @infinitiu sn	infinitiu[facilitar] sn[este camino]
grupnom ← @n s.a sp	n[castigo] s.a[duro] sp[para las infracciones]
sn ← sn @coord sn	sn[el hombre] coord[y] sn[su valor]
grupnom ← @n sn	n[diario] sn[La_Vanguardia]
grupnom ← grupnom @coord grupnom	grupnom[las reservas de oro] coord[y] grupnom[divisas]
S ← @aq sp	aq[exigidas] sp[por el gobierno]
grupnom ← s.a @n sp	s.a[graves] n[violaciones] sp[a la ley]
gv ← vm @infinitiu	vm[puede] infinitiu[ser]
S ← sn @gv sn	sn[el consejo de telefónica] gv[es] sn[la principal noticia]
grupnom ← @n sp sp	n[reservas] sp[de oro y divisas] sp[de Rusia]
S ← @infinitiu sp	infinitiu[cubrir] sp[unos 23,000 empleos en algunos sectores]

Anexo 4. Muestras de los árboles de dependencias construidos

Para mostrar algunos árboles de dependencias construidos a partir del corpus de constituyentes Cast3LB consideramos las siguientes oraciones:

1) *Las reservas de oro y divisas de Rusia subieron 800_millones_de_dólares y el 26_de_mayo equivalían a 19.100_millones_de_dólares, informó hoy un comunicado del Banco_Central.*

2) *Los abogados de Microsoft aseguran que la división de la firma disminuiría gravemente su capacidad para competir en el mercado de los programas informáticos.*

3) *He escrito algunas tonterías.*

Los árboles de dependencias extraídos de la oración 1 son:

(1) [@vm informó informar [@vm subieron subir [@n reservas reserva [de:@n oro oro] [de:@n Rusia Rusia] [@da Las el]] [@Zm 800_millones_de_dólares 800_millones_de_dólares]] [@rg hoy hoy] [@n comunicado comunicado [del:@n Banco_Central Banco_Central] [@di un uno]]]

(1) [@vm informó informar [@vm subieron subir [@n reservas reserva [de:@n divisas divisa] [de:@n Rusia Rusia] [@da Las el]] [@Zm 800_millones_de_dólares 800_millones_de_dólares]] [@rg hoy hoy] [@n comunicado comunicado [del:@n Banco_Central Banco_Central] [@di un uno]]]

(1) [@vm informó informar [@vm equivalían equivaler [@w 26_de_mayo [@da el el]] [a:@Zm 19.100_millones_de_dólares 19.100_millones_de_dólares]] [@rg hoy hoy] [@n comunicado comunicado [del:@n Banco_Central Banco_Central] [@di un uno]]]

El árbol de dependencias extraído de la oración 2 es:

(1808) [@vm aseguran asegurar [@n abogados abogado [de:@n Microsoft Microsoft] [@da Los el]] [@vm disminuiría disminuir [@cs que que][@n división división [de:@n firma firma [@da la el]] [@da la el]] [@rg gravemente gravemente] [@n capacidad capacidad [para:@vm competir competir [en:@n mercado mercado [de:@n programas programa [@aq informáticos informático] [@da los el]] [@da el el]]] [@dp su su]]]]

El árbol de dependencias extraído de la oración 3 es:

(210458) [@vm escrito escribir [va He haber] [@n tonterías tontería [@di algunas alguno]]]

Cada árbol de dependencias extraído se muestra en una sola línea. Al lado izquierdo de cada árbol se muestra entre paréntesis el número de línea en el que comienza esa oración dentro del corpus Cast3LB. El número de corchetes indica el nivel de profundidad en el que se encuentra cada elemento dentro del árbol de constituyentes.

A continuación mostramos los mismos resultados en vista de árbol.

Árboles de dependencias de la oración 1 es:

```
informó (@vm informar){1}
  subieron (@vm subir){1}
    reservas (@n reserva){1}
      oro (de:@n oro){1}
      Rusia (de:@n Rusia){1}
      Las (@da el){1}
    800_millones_de_dólares (@Zm 800_millones_de_dólares){1}
  hoy (@rg hoy){1}
  comunicado (@n comunicado){1}
    Banco_Central (del:@n Banco_Central){1}
    un (@di uno){1}


informó (@vm informar){1}
  subieron (@vm subir){1}
    reservas (@n reserva){1}
      divisas (de:@n divisa){1}
      Rusia (de:@n Rusia){1}
      Las (@da el){1}
    800_millones_de_dólares (@Zm 800_millones_de_dólares){1}
  hoy (@rg hoy){1}
  comunicado (@n comunicado){1}
    Banco_Central (del:@n Banco_Central){1}
    un (@di uno){1}


informó (@vm informar){1}
  equivalían (@vm equivaler){1}
    26_de_mayo (@w 26_de_mayo){1}
      el (@da el){1}
    19.100_millones_de_dólares (a:@Zm 19.100_millones_de_dólares){1}
  hoy (@rg hoy){1}
  comunicado (@n comunicado){1}
    Banco_Central (del:@n Banco_Central){1}
    un (@di uno){1}
```

Árbol de dependencias de la oración 2 es:

```
aseguran (@vm asegurar){1808}
    abogados (@n abogado){1808}
      Microsoft (de:@n Microsoft){1808}
      Los (@da el){1808}
    disminuir_i_a (@vm disminuir){1808}
      que (@cs que){1808}
      divisi_o_n (@n divisi_o_n){1808}
        firma (de:@n firma){1808}
          la (@da el){1808}
        la (@da el){1808}
      gravemente (@rg gravemente){1808}
      capacidad (@n capacidad){1808}
        competir (para:@vm competir){1808}
          mercado (en:@n mercado){1808}
            programas (de:@n programa){1808}
              inform_a_ticos (@aq inform_a_tico){1808}
              los (@da el){1808}
            el (@da el){1808}
        su (@dp su){1808}
```

Árbol de dependencias de la oración 3 es:

```
escrito (@vm escribir){210458}
    He (va haber){210458}
    tonterías (@n tontería){210458}
      algunas (@di alguno){210458}
```

Anexo 5. Muestras del diccionario extraído

Se extrajeron 40,121 colocaciones del corpus Cast3LB. En la siguiente tabla se muestran los significados de las relaciones sintácticas utilizadas para las colocaciones.

Relación sintáctica (Etiqueta)	Significado
VERB	Verbo
SUST	Sustantivo
ADJ	Adjetivo
ADV	Adverbio
COORD	Coordinante
PRON	Pronombre
NEG	Negación
CIF	Cifra
FECH	Fecha

A continuación se presentan algunas de las colocaciones extraídas con su frecuencia de lado izquierdo.

1 Ómnibus de clase
2 ácido ADJ nucléico
1 águila ADJ real
1 álbum de Juegos_Florales
1 ámbito ADJ exterior
1 ámbito ADJ semántico
1 ángel ADJ exterminador
1 ángel VERB incendiar
1 ánimo de matar
1 árbitro ADJ español
1 árbitro ADJ extranjero
1 árbol ADJ frondoso
1 árbol ADJ peinado
1 área ADJ adversaria
1 área ADJ dicho
1 área VERB procesar
1 área VERB ser
1 área del cerebro
1 élite ADJ español
1 élite ADJ financiero
1 élite VERB soñar
1 élite del ciclismo
1 énfasis VERB encontrar
1 época ADJ individualista
1 época VERB utilizar
1 ése ADJ pequeñito
1 ética ADJ emocionante
1 ética ADJ populachero
1 ética de revolución
1 ético ADV más
1 éxito ADJ asegurado
2 éxito ADJ gran
1 éxito ADJ sucesivo
1 éxito VERB pasar
1 éxito de máquina
1 ídolo ADJ portorriqueño
1 ímpetu ADJ caritativo
1 índice ADJ nuevo
1 índice de desempleo
1 índice de economía
1 índole ADJ diverso
1 íntimo ADJ personal
1 íntimo ADV más
1 órgano ADJ regulador

1 órgano de Telecomunicaciones
1 órgano de aplicación
1 únicamente con participación
1 añadir SUST comunicado
1 añadir SUST dosis
1 añadir SUST seguidor
1 añadir SUST situación
1 añadir SUST titular
7 año ADJ anterior
1 año ADJ buen
1 año ADJ concluido
1 año ADJ cumplido
2 año ADJ largo
1 año ADJ mediado
5 año ADJ pasado
1 año ADJ perdido
2 año ADJ próximo
2 año ADJ presente
1 año ADJ siguiente
1 año ADJ transcurrido
7 año ADJ último
1 año ADJ primero
1 año de antigüedad
1 año de bien
1 año de cautiverio
1 año de diferencia
3 año de edad
1 año de gestión
1 año de liberación
1 año de nieve
1 año de prisión
2 año de vida
1 año del PRI
1 año del gobierno
1 año en poder
1 abandonar SUST camino
1 abandonar SUST centro
1 abandonar SUST confort
1 abandonar SUST hidalgo
1 abandonar SUST idea
1 abandonar SUST nido
1 abandonar SUST país
1 abandonar SUST seguridad
1 abandonar SUST senda
1 abandonar SUST terreno
1 abastecer SUST Berlín
1 abastecer SUST norteamericano
1 abastecer desde aire
1 abastecer durante bloqueo
1 abogado ADJ alemán
1 abogado ADJ norteamericano
1 abogado de Microsoft
1 abogado de empresa
1 abogado de país
1 abogar durante presentación
1 abogar por elevar
1 abogar por formación
1 abordar SUST agente
2 abordar SUST diálogo
1 abordar SUST luz
1 abordar SUST problema
2 abordar SUST redistribución
1 abordar SUST sombra
2 abrazado a libro
1 abrazado con alma
1 abrazar SUST guerrillero
1 abrazar a familia
1 abrir ADJ justo
1 abrir ADV Constantemente
1 abrir ADV antes
1 abrir ADV de_par_en_par
1 abrir ADV hoy
1 abrir ADV sólo
1 abrir ADV también
1 abrir ADV un_poco
1 abrir SUST acceso
1 abrir SUST agujero
1 abrir SUST banco
1 abrir SUST bar
1 abrir SUST boca
1 abrir SUST caja
1 abrir SUST cama
1 abrir SUST camino
1 abrir SUST campo
1 abrir SUST colecta
1 abrir SUST compás
1 abrir SUST competencia
1 abrir SUST diario
1 abrir SUST frasco
1 abrir SUST fuego
3 abrir SUST mercado
2 abrir SUST oficina

1 abrir SUST ojo
1 abrir SUST portón
1 abrir SUST taberna
1 abrir SUST tubo
1 abrir SUST vacío
1 abrir SUST variedad
1 abrir SUST ventana
1 abundar en asunto
1 abundar en campo
1 abundar en trazo
1 aburrido por falta
1 aburrir ADV profundamente
1 abusar de fuerza
1 abusar de sátira
1 abuso ADJ empresarial
2 abuso de contratación
1 abuso de lance
1 abuso en utilización
1 acabar SUST año
1 acabar SUST día
1 acabar SUST democracia
1 acabar SUST discrepancia
1 acabar SUST guerra
1 acabar SUST libro
1 acabar SUST momia
1 acabar SUST poder
1 acabar SUST sueño
1 acabar SUST tiempo
1 acabar SUST tragedia
1 acabar SUST vuelta
1 acabar con contrato
1 acabar con detalle
1 acabar con gol
1 acabar con ilusión
1 acabar con lista
1 acabar con locura
1 acabar con maleficio
1 acabar con poder
1 acabar con presa
1 acabar con reserva
1 acabar con trabajo
1 acabar con unión
1 acabar de golpe
1 acabar en bar
1 acabar en centro
1 acabar en frigorífico
1 acabar en laguna
1 acabar en rincón
1 acabar en santiamén
1 acabar hasta gorro
1 acabar hasta postergación
1 acallar SUST voz
1 acariciar SUST espolón
1 acarrear ADV constantemente
1 acarrear SUST gemelo
1 acarrear SUST saco
1 acatar SUST amnistía
1 acatar SUST juicio
1 acatar SUST mando
1 acatar a plenitud
1 acceder al mercado
1 acceder al tercero
1 acceso ADJ directo
1 acceso ADJ violento
1 acceso a ciudad
1 acceso a información
1 acceso a investigación
1 acceso de tos
1 accesorio de indumentaria
1 acción ADJ culminado
1 acción ADJ eficaz
1 acción ADJ espléndido
1 acción ADJ liberador
2 acción ADJ libre
1 acción ADJ ofensivo
2 accidente ADJ laboral
1 accidente ADJ ocurrido
1 accidente ADJ sufrido
1 accidente de auto
1 accidente de automóvil
1 accionista ADJ mayoritario
1 accionista ADJ principal
1 accionista de sociedad
1 acechar a víctima
1 acechar al belén
1 aceite ADJ desnaturalizado
1 aceite ADJ ideal
1 aceite de colza
2 aceite de oliva
1 aceleración del cohete
1 acelerar SUST reloj
1 acelerar SUST velocidad

1 aceptar SUST aplazamiento
1 aceptar SUST comienzo
1 aceptar SUST factor
1 aceptar SUST gente
1 aceptar SUST injerencia
1 aceptar SUST investigador
1 aceptar SUST joven
1 aceptar SUST responsabilidad
1 aceptar SUST riesgo
1 aceptar SUST suerte
1 aceptar SUST trabajo
1 aceptar VERB acabar
1 aceptar VERB convertir
1 aceptar VERB ir
1 aceptar VERB ser

Anexo 6. Funcionamiento del *parser* de dependencias DILUCT

Un parser de constituyentes estándar construye una estructura incremental, de modo que la falta de construcción de un componente implica la imposibilidad de construir todos los demás componentes que contengan a éste. Lo que significa que una decisión incorrecta sobre un primer paso del análisis del parser conduce a un resultado final totalmente o en gran parte incorrecto.

En cambio, en el parser de dependencias la selección de un rector de una palabra dada, o la selección de "existencia" si dos palabras dadas están conectadas con una relación de dependencia (relación sintáctica), es independiente de la decisión correspondiente de otro par de palabras. Esto permite continuar el proceso de análisis aunque algunas decisiones no se tomen con éxito. La estructura resultante puede ser incompleta (faltándole algunas relaciones) o no correcta totalmente (con algunas relaciones identificadas incorrectas). Sin embargo, una decisión incorrecta sobre un par particular de palabras generalmente no causa una serie de errores conectados en los pasos posteriores del análisis.

En este anexo describimos el funcionamiento del parser de dependencias para el español DILUCT, que utiliza un conjunto ordenado de reglas de heurísticas simples para determinar de forma iterativa las relaciones de dependencia entre palabras todavía no asignadas a un rector. En caso de ambigüedades de ciertos tipos, las estadísticas de co-ocurrencia de la palabra buscada de manera no-supervisado en un corpus grande o en la Web se utilizan para seleccionar la variante más probable.

Funcionamiento del parser DILUCT[1]

Siguiendo la aproximación estándar, el parser primero preprocesa el texto de entrada —básicamente incluye tokenización, separación de oraciones, etiquetado de categorías gramaticales (en inglés, *part of speech*, POS) y lematización— y luego aplica el algoritmo de análisis (*parsing*).

[1] Tomado de (Calvo y Gelbukh 2006)

Pre-procesamiento

Tokenización y separación de oraciones

El texto es tokenizado en palabras y signos de puntación, y separado en oraciones.

Actualmente no se distingue entre signos de puntación, es decir, cualquier signo de puntación se sustituye con una coma.

Dos componentes de artículo y preposición se separan: *del → de el, al → a el.*

Las preposiciones compuestas representadas en la escritura como palabras separadas se unen en una sola palabra, ejemplo: *con la intención de*, *a lo largo de*, etc. De la misma manera se tratan unas cuantas frases adverbiales como *a pesar de*, *de otra manera*, etc., y algunas frases pronominales como *sí mismo.*. La lista de tales combinaciones es pequeña (incluye 62 combinaciones) y cerrada. Actualmente no se lleva a cabo reconocimiento de nombres de entidades pero se planea para el futuro.

Etiquetado

El texto es etiquetado con categorías gramaticales (POS-tagged) usando el etiquetador TnT (Brants 2000) entrenado en el corpus de español CLiC-TALP. Este etiquetador tiene 94% de exactitud en su funcionamiento (Morales-Carrasco & Gelbukh 2003).

Además se corrigen algunos errores frecuentes del etiquetador TnT, por ejemplo:

Regla	Ejemplo
Det Adj V → Det S V	*el inglés vino*
Det Adj Prep → Det S Prep	*el inglés con*

Lematización

Se usa un diccionario basado en un analizador morfológico para español (Gelbukh *et al.* 2003). En caso de ambigüedad, la variante de la categoría gramatical (POS) elegida por el etiquetador es seleccionada, con las siguientes excepciones:

Etiquetado por el tagger	Encontrado por el analizador	Ejemplo
Adjetivo	Pasado participio	*dado*
Adverbio	Presente participio	*dando*
Sustantivo	Infinitivo	*dar*

Si el analizador no da una opción en la primera columna pero sí en la segunda, éste último es aceptado.

Si un sustantivo, adjetivo o participio no es reconocido por el analizador, se eliminan los sufijos, ejemplo: *flaquito* → *flaco*. Para esto, se trata de eliminar sufijos esperados y verificar si la palabra es reconocida por el analizador morfológico. Ejemplos de reglas de sufijos a eliminar son:

Regla	Ejemplo
-cita → *-za*	*tacita* → *taza*
-quilla → *-ca*	*chiquilla* → *chica*

Reglas

Las reglas de análisis (parsing) se aplican al texto ya lematizado. Siguiendo una aproximación similar a (Apresyan *et al*. 1989; Calvo & Gelbukh 2003), se representa una regla como un subgrafo, por ejemplo, N ← V. La aplicación de una regla consiste en los siguientes pasos:

1. Una subcadena que coincide con la secuencia de palabras en la regla se busca en la oración.
2. Las relaciones sintácticas entre las palabras que coincidieron se establecen de acuerdo a las especificaciones de esa regla.
3. Todas las palabras que han sido asignadas a un rector por la regla son removidas de la oración en el sentido de que no participan en futuras comparaciones del paso 1.

Por ejemplo, para la oración *Un perro grande ladra*:

Oración	Regla
Un(Det) *perro*(N) *grande*(Adj) *ladra* (V)	Det ← N
perro(N) *grande*(Adj) *ladra* (V) ↓ *Un*(Det)	N → Adj
perro(N) *ladra* (V) ↙ ↘ *Un*(Det) *grande*(Adj)	N ← V

Oración	Regla
ladra (V) ↓ *perro*(N) ↙ ↘ *Un*(Det) *grande*(Adj)	Hecho

Como puede verse en el ejemplo, el orden de aplicación de la regla es importante. Las reglas son ordenadas, es decir, para cada iteración del algoritmo, la primer regla que se pueda aplicar se aplica, y entonces el algoritmo repite buscando reglas aplicables para el primero. El proceso termina cuando no existen más reglas por ser aplicadas.

Note que una de las consecuencias de tal algoritmo es el tratamiento natural de modificadores repetidos. Por ejemplo, en las frases *el otro día* o *libro nuevo interesante* los dos determinantes (dos adjetivos respectivamente) serán conectados como modificadores del sustantivo por la misma regla Det ← N (N → Adj, respectivamente) en dos iteraciones sucesivas del algoritmo.

Las reglas todavía no se formalizan completamente (por eso su aproximación se llama semiheurística).

Siguiendo la idea de (Gladki 1985), se representan las palabras coordinadas de la forma como lo hacen los constituyentes, uniéndolas en una cuasi-palabra compuesta. En el árbol resultante se duplica (o multiplica) cada arco que viene o sale de un nodo especial. Por ejemplo, [*Juan María*] ← *hablan* (Juan y María hablan) es interpretado como la representación de dos relaciones: *Juan* ← *habla* y *María* ← *habla*.

Por consiguiente, las reglas para manejar conjunciones se rescriben como nuevas reglas más que como reglas de construcción de árbol. La primera regla forma una cuasipalabra compuesta de dos sustantivos coordinados si les precede un verbo en plural. La regla elimina la conjunción, así la implementación de conjunciones no participa en la estructura del árbol.

Asignación de frase preposicional

Esta fase es llevada a cabo después de la aplicación de reglas descrita anteriormente.

Para cualquier preposición que no ha sido asignada a un rector, su compatibilidad con cualquier sustantivo y cualquier verbo en la oración es evaluada usando estadísticas de co-ocurrencia de la palabra (que se puede obtener por una simple búsqueda en Internet). La medida obtenida se combina con una penalización en la distancia lineal: el más distante es un rector potencial para la preposición en la pregunta que menos apropiada es para su asignación.

Los detalles de esta técnica estadística para el uso de preposiciones se encuentra en (Calvo & Gelbukh 2004).

Heurísticas

El propósito de las heurísticas es asignar un rector a las palabras que no fueron asignadas a ninguno en el estado de aplicación de reglas.

El sistema actualmente usa las siguientes heurísticas, las cuales son aplicadas en iteraciones en este orden, de forma similar a como se aplican las reglas:

1. Un *que* sin asignar es asignado al verbo más cercano (a la izquierda o a la derecha del *que*) que no tiene otro *que* como su rector inmediato o indirecto.
2. Para un pronombre no asignado se asigna al verbo más cercano que no tiene un *que* como su rector inmediato o indirecto.
3. Un sustantivo sin asignar es asignado al verbo más probable que no contiene un que como su rector inmediato o indirecto. Para estimar la probabilidad, un algoritmo similar al que está descrito en la sección anterior se utiliza. La estadística descrita en (Calvo *et al*. 2005) se utiliza.
4. Para un verbo *v* no asignado aún, se busca a la izquierda el verbo más cercano *w*; si no hay verbos a la izquierda, entonces se busca el más cercano a la derecha. Si *w* tiene un *que* como rector directo o indirecto, entonces *v* es asignado al *que*; de lo contrario se asigna a *w*.

5. Un adverbio o conjunción subordinada sin asignación (excepto *que*) es asignado al verbo más cercano (a la izquierda o a la derecha del *que*) que no tiene otro *que* como su rector inmediato o indirecto.

Note que si la oración contiene más de un verbo, en el paso 4 cada verbo es asignado a algún otro verbo, lo cual puede resultar en una dependencia circular. De cualquier forma, esto no daña puesto que una dependencia circular se romperá en el último paso del procesamiento.

Selección de la raíz

La estructura construida en los pasos anteriores del algoritmo descrito puede ser redundante. Particularmente, puede contener dependencias redundantes (incluso circulares) entre verbos. El paso final del análisis es seleccionar la raíz más apropiada.

Se usa las siguientes heurísticas para seleccionar la raíz. Para cada nodo en el digrafo obtenido, contamos el número de otros nodos accesibles dado a través de una trayectoria dirigida a lo largo de las flechas. La palabra que maximiza este número es seleccionada como raíz. Particularmente, todos los arcos entrantes se eliminan de la estructura final.

Glosario

Glosario

Ambigüedad Término que hace referencia a aquellas estructuras gramaticales que pueden entenderse de varios modos o admitir distintas interpretaciones y dar, por consiguiente, motivo a dudas, incertidumbre o confusión.

Ambigüedad léxica La ambigüedad léxica es aquella que se presenta en la categoría gramatical de un vocablo.

Ambigüedad semántica La ambigüedad semántica es aquella que se presenta en una expresión, de tal manera que ésta puede expresar diferentes sentidos dependiendo del contexto local, el tópico global y el mundo pragmático en el que se manifiesta.

Ambigüedad sintáctica La ambigüedad sintáctica, también conocida como estructural, es aquella que se presenta en oraciones, de tal manera que éstas puedan ser representadas por más de una estructura sintáctica.

Analizador sintáctico Un analizador sintáctico para un lenguaje natural, es un programa que construye árboles de estructura de frase o de derivación para las oraciones de dicho lenguaje, además de proporcionar un análisis gramatical, separando los términos en constituyentes y etiquetando cada uno de ellos. Asimismo, puede proporcionar información adicional acerca de las clases semánticas (persona, género) de cada palabra y también la clase funcional (sujeto, objeto directo, etc.) de los constituyentes de la oración.

Aprendizaje no supervisado Aprendizaje no basado en ejemplos. En aprendizaje automático no supervisado, el algoritmo descubre las reglas o estructuras analizando datos que se le presentan sin etiquetado manual. Usualmente se efectúe con algún tipo de optimización.

Aprendizaje supervisado Aprendizaje basado en ejemplos. En el caso de la desambiguación supervisada se entrena un clasificador usando un corpus de texto etiquetado a mano.

Árbol de constituyentes Un árbol de constituyentes es una estructura de datos que permite representar una oración como compuesta de bloques, de manera anidada. En el llamado sistema o método de constituyentes la principal operación lógica es la inclusión de elementos en conjuntos, así éstos pertenecen a una oración o a una categoría. Según esta aproximación, una oración es segmentada en constituyentes, cada uno de los cuales es consecuentemente segmentado. Así, esto favorece un punto de vista analítico.

Árbol de dependencias Un árbol de dependencias es una estructura de datos que permite obtener las relaciones de dependencia sintáctica entre un núcleo y sus modificadores. La aproximación de dependencias se centra en las relaciones entre las unidades sintácticas últimas, es decir, en las palabras. La principal operación aquí consiste en establecer relaciones binarias. Según esta idea, una oración se construye de palabras, unidas por dependencias.

Cabeza Es un término utilizado en este trabajo para referenciar al vocablo que gobierna una relación de dependencia sintáctica, de tal manera que se puede obtener muchos modificadores sintácticos para una misma cabeza.

Categoría gramatical El término categoría gramatical o parte de la oración, que en inglés se

denomina POS (*part of speech*) es una clasificación de las palabras de acuerdo a la función que desempeñan en la oración. La gramática tradicional distingue nueve categorías gramaticales: sustantivo, determinante, adjetivo, pronombre, preposición, conjunción, verbo, adverbio, interjección. No obstante, para algunos lingüistas, las categorías gramaticales son una forma de clasificar ciertos rasgos gramaticales, como por ejemplo: modo, aspecto, tiempo y voz.

Conocimiento Representación simbólica de ideas, conceptos, nociones, hechos, seres, acciones, y de las relaciones entre ese tipo de elementos que reflejan un dominio del universo físico o del mundo de las ideas.

Desambiguación Eliminación de ambigüedades.

Dominio El término dominio hace referencia a la temática general que expresa un documento o texto en su totalidad.

Etiqueta sintáctica Se refiere a la combinación de letras y números que se agrega como información a una palabra para identificar su categoría gramatical.

Etiquetado Lingüístico Se refiere a etiquetado de corpus, ya sea sintáctico, semántico, etc.

Fonología La fonología es el estudio de los sonidos del lenguaje. La fonética es la parte de la fonología que trata de la manera en que se pronuncian los sonidos y su forma acústica, pero la fonología también incluye el estudio de la manera en que los sonidos funcionan sistemáticamente en la lengua. Las otras divisiones importantes de ese estudio incluyen el análisis de los fonemas, los cambios de un sonido a otro en ciertos contextos (la alternancia morfofonémica y alofónica), la estructura de las sílabas, el acento, la entonación, y el tono lingüístico.

Frase Grupo de una o más palabras que funciona como unidad, pero que (normalmente) no funciona en su totalidad independientemente,

como en el caso de una oración. A veces se marcan las frases, como las oraciones, poniéndolas entre corchetes. Por ejemplo: [las montañas [más altas]] es una frase nominal, y también contiene una frase adjetival, [más altas]. Contrástese con oración.

Gramática Es la manera característica en que se combinan los elementos básicos (especialmente los elementos léxicos) de una lengua, para formar estructuras más complejas que permitan la comunicación de los pensamientos. La gramática incluye la morfología y la sintaxis; algunos analistas incluyen la fonología, la semántica y el léxico también como parte de la gramática.

Herramientas lingüísticas Esta expresión hace referencia a diversos programas o aplicaciones usados en el procesamiento de lenguaje natural, tales como analizadores sintácticos, morfológicos, corpus, diccionarios electrónicos, ontologías, entre otros.

H-nucleo En la gramática tradicional se utiliza el término núcleo para las palabras o grupos de palabras más importantes. En la literatura de constituyentes *head* es el constituyente más importante gramaticalmente. Por ejemplo, en un grupo nominal el sustantivo es el *head* o núcleo.

Inteligencia Artificial (IA) Disciplina dedicada a desarrollar y aplicar enfoques computacionales al comportamiento inteligente. Estudia preferentemente los comportamientos y fenómenos de percepción, solución de problemas, razonamiento, utilización de un lenguaje natural y planeamiento de actividades.

Lema, Lematización Término que en latín significa "forma canónica". En lexicografía, entrada léxica del diccionario en que se suministra diversa información y es a menudo representativa de distintas formas flexionadas; p. ej. "ir" es el lema de "voy", "vas", "íbamos", "fueron"

y el resto de sus formas conjugadas. En cuanto a lematización, en lexicografía se denomina 'lematización' el proceso de reducción de las diferentes formas flexivas de una palabra a la forma canónica que se selecciona como lema.

Lenguaje natural Es un término ya adoptado que el lenguaje humano se denomine natural para diferenciarlo de los lenguajes artificiales en el área de la computación.

Lexema Unidad léxica abstracta que no puede descomponerse en otras menores, aunque sí combinarse con otras para formar compuestos, y que posee un significado definible por el diccionario, no por la gramática. Por ejemplo: fácil es el lexema básico de facilidad, facilitar, fácilmente.

Léxico El conjunto de los morfemas de una lengua, junto con raíces complejas o palabras pre-formadas (o sea que no se arman en forma productiva), modismos y otras frases establecidas. Éstas son las estructuras lingüísticas que un hablante sabe como unidades completas y que puede usar sin tener que determinar sus significados a base de sus partes integrantes. Un diccionario (que a veces también se llama léxico) es un libro que exhibe elementos del léxico de una lengua, especialmente palabras, con una indicación breve de sus significados y usos. Contrástese con gramática; sintaxis, morfología, fonología, semántica.

Lingüística computacional La lingüística computacional puede considerarse una disciplina de la lingüística aplicada y la inteligencia artificial. Tiene como objetivo la creación e implementación de programas computacionales que permitan la comunicación entre el hombre y la computadora, ya sea mediante texto o voz.

Objeto La gramática tradicional proporcionó los términos transitividad y

objeto (tema de la siguiente sección), por el momento consideramos solamente la definición en el Diccionario de la Real Academia de la lengua Española: los transitivos son los verbos cuya acción recae en la persona o cosa que es término o complemento de la acción. De lo cual se define el complemento directo (objeto) como el complemento en el cuál recae directamente la acción del verbo, y el complemento indirecto (objeto indirecto) como la persona, animal o cosa en quien recae indirectamente la acción del verbo.

Oración [1] Frase verbal junto con las frases nominales o adverbiales u otras que dependan de ella. Las oraciones pueden ser dependientes o independientes. Por ejemplo, la oración independiente "Dice Juan que María te buscaba" contiene la oración dependiente "María te buscaba". A veces se marcan las oraciones poniéndolas entre corchetes. El estudio de la estructura de las oraciones es uno de los temas centrales de la sintaxis.

[2] A veces se usa en contraste con el término cláusula para indicar una oración independiente, con las cláusulas dependientes que pueda tener, o una serie de dos o más oraciones independientes coordenadas con una conjunción como "y" u "o". Compárese con enunciado.

Palabra Es una raíz, junto con los afijos que dependan de ella y posiblemente de otras raíces (en el caso de una raíz compuesta), que puede pronunciarse sola en el uso normal de una lengua, por ejemplo, como respuesta a una pregunta. Frecuentemente las palabras tienen rasgos fonológicos especiales. En el náhuatl de Tetelcingo, por ejemplo, las palabras normalmente se pueden reconocer por el penúltimo acento. Compárese con frase, morfema.

Paradigma Lista de formas relacionadas de una palabra, especialmente si son relacionadas por flexión. Por ejemplo: "hablo, hablas, habla" es un

paradigma de formas de tiempo presente singular del verbo "hablar" en el español; "hablar, hablante, hablado" es un paradigma de formas infinitiva del mismo verbo. La yuxtaposición de paradigmas paralelos en forma de un cuadro, puede facilitar la comparación y por lo tanto el análisis de las formas.

Parser Véase *analizador sintáctico.*

Patrones de manejo Una traducción más adecuada para este término sería Patrones de Rección, pero para evitar la confusión con la misma palabra empleada en la Teoría de la Rección y el Ligamento de N. Chomsky, elegimos manejo sintáctico.

Procesamiento de Lenguaje Natural (PLN) Disciplina tiene por objetivo habilitar a las computadoras para que entiendan el texto, procesándolo por su sentido.

Ranura Utilizamos éste término para referirnos a un espacio a ser llenado ("*espacio en blanco*") dentro de una oración o frase.

Rector Utilizamos este término para denotar al constituyente más importante en una gramática de constituyentes. Por ejemplo, en un grupo nominal el sustantivo es el rector o núcleo.

Recuperación de información La recuperación de información es la ciencia encargada de buscar información en archivos de diversos tipos, en meta-datos y en bases de datos textuales, de imágenes o de sonidos. La plataforma sobre la cual es posible realizar dichas búsquedas se extiende desde computadoras de escritorio, redes de computadoras privadas o públicas hasta intranets e Internet.

Relación de dependencia Una relación de dependencia sintáctica es aquella en la que una pareja de vocablos mantiene una relación de dependencia tradicional especificada por el árbol de dependencias sintácticas. Más explícitamente, las flechas que salen de un vocablo hacia otros se

consideran los modificadores sintácticos del primero.

Relaciones gramaticales Aunque en la literatura de constituyentes se conocen como funciones o relaciones gramaticales, nosotros los denominamos de aquí en adelante como objetos sintácticos. El término argumentos se refiere a los complementos.

Relación sintáctica Véase *relación de dependencia*

Semántica La Semántica es el estudio de los significados de las estructuras de las lenguas (morfemas, palabras, frases, oraciones y otras). Una diferencia o semejanza semántica es una diferencia o semejanza de significados. Compárese con gramática, sintaxis, morfología, fonología, léxico.

Sintaxis Es el estudio de cómo las palabras se combinan para formar frases y oraciones, ya sean dependientes o independientes. Compárese con gramática; contrástese con morfología, fonología, semántica, léxico.

Topicalización En la topicalización se mueve un constituyente al inicio de la oración para hacer énfasis. Por ejemplo: Tortas como ésta, mi mamá nunca comería, donde tortas como ésta va al final usualmente: mi mamá nunca comería tortas como ésta.

Wh En el desplazamiento wh, se mueve un término inglés que comienza con wh-, al inicio de la oración para formar una interrogación.

Índice de términos

Índice de términos