



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

TESIS DE DOCTOR EN MATEMÁTICA

*Extracción y caracterización de microsacádicos
durante la lectura*

Juan M. Arriola

BAHÍA BLANCA

ARGENTINA

2022

PREFACIO

Esta Tesis es presentada para cumplimentar parte de los requisitos para optar al grado Académico de Doctor en Matemática, de la Universidad Nacional del Sur. La misma no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad u otra. Ésta engloba los resultados obtenidos en investigaciones realizadas en el ámbito del Departamento de Matemática (UNS) y del Instituto de Investigaciones en Ingeniería Eléctrica (UNS-CONICET) durante el período comprendido entre abril de 2016 y junio de 2022, bajo la dirección de la Dra. Liliana Raquel Castro y la co-dirección de la Dra. Marcela Patricia Álvarez.

Juan M. Arriola

DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR
Secretaría General de Posgrado y Educación Continua

La presente tesis ha sido aprobada el .../.../...,
mereciendo la calificación de ... (.....).

*Al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET),
por permitirme continuar mi formación.*

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, mi mayor agradecimiento a mi directora Dra. Liliana R. Castro y a mi co-directora Dra. Marcela P. Álvarez. Lili y Marce no sólo cumplieron su rol académico y científico dirigiendo mi labor como tesista, sino que también me proporcionaron un sostén afectivo y emocional sin el cual hubiese sido imposible la concreción de este trabajo.

En segundo lugar, quiero agradecer al Dr. Osvaldo Agamennoni, mi co-director de Beca, por sus aportes en las discusiones del trabajo de tesis y quien, junto al Dr. Gerardo Fernández, fundaron las bases de la línea de investigación en las que se apoya esta tesis. También deseo agradecer a todo el grupo de investigación que forma parte del Laboratorio de Desarrollo en Neurociencias Cognitivas (LDNC) por promover constantemente espacios de exposición y discusión en los cuales surgieron las inquietudes iniciales que motivaron esta investigación.

En tercer lugar agradezco a las integrantes del jurado: Dra. Ma. Luján Ganuza, Dra. Diana Rubio y Dra. Victoria C. Vampa por las correcciones y sugerencias realizadas, y la premura y disposición a la hora de coordinar la defensa de esta tesis.

Por último, pero no menos importante, quiero hacer llegar un inconmensurable agradecimiento a mi pareja, Majó, y a mi familia, amigos, compañeros y colegas. Si lo que cuesta vale, la concreción de esta tesis es una de las cosas más valiosas que he alcanzado, y todos ellos compartieron conmigo el esfuerzo que demandó su realización. A todos, un millón de gracias, posta.

RESUMEN

La visión involucra diferentes mecanismos fisiológicos y cerebrales. Abarca el sistema oculomotor, que se encarga de mover los ojos para situarlos sobre lo que se quiere observar, las células fotorreceptoras que convierten los estímulos lumínicos en señales eléctricas, y el lóbulo occipital encargado de interpretar dichas señales y formar la imagen en el cerebro. Demanda, además, que entren en juego funciones cognitivas del cerebro como la memoria semántica, la memoria a largo plazo y la memoria de trabajo. La lectura es una actividad cotidiana en la que resultan más evidentes y fáciles de manipular estos procesos. Por lo tanto, entender cómo leemos permite comprender, en parte, cómo funcionan estas áreas, y una manera de lograr dicha comprensión es mediante el análisis de la información provista por los movimientos oculares durante la lectura. Una técnica no invasiva para detectar dicho movimientos para su análisis posterior es la utilización del eye-tracker.

Tanto en la observación libre como durante la lectura, los ojos realizan fijaciones y sacadas entre las fijaciones, y durante éstas se producen pequeños movimientos balísticos llamados microsacádicos. En diferentes trabajos se muestra que estos movimientos están asociados a procesos cognitivos y a la tarea de mantener la imagen en la retina, aunque no hay un criterio unificado sobre cómo detectarlos.

Por otro lado, el envejecimiento suele traer consigo un deterioro del tejido cerebral, en ocasiones normal y en otras patológico, que repercute principalmente en las áreas cerebrales asociadas a la memoria y a diferentes procesos cognitivos.

En esta tesis analizamos los movimientos microsacádicos presentes en las fijaciones registradas con un eye-tracker durante lecturas realizadas por grupos de adultos jóvenes, de adultos mayores sanos y de adultos mayores con deterioro cognitivo incipiente. Presentamos un método diferente de detección de los movimientos microsacádicos, combinando la Transformada Wavelet Continua que explota su naturaleza balística, junto con la localización de outliers en el espacio de velocidades. Una vez extraídos los movimientos microsacádicos mostramos, utilizando Modelos Lineales Mixtos, de qué manera estos movimientos se ven afectados por diferentes estímulos para cada uno de los grupos de sujetos. Los estímulos considerados son los tipos de oraciones y la predictibilidad, frecuencia y largo de las palabras. También examinamos la función que cumplen los microsacádicos durante la lectura mediante el análisis de la orientación que éstos presentan en los distintos tipos de fijaciones. Para ello, clasificamos previamente

las fijaciones sobre la lectura, y realizamos histogramas angulares para los distintos tipos de fijaciones y para cada uno de los diferentes grupos de sujetos.

ABSTRACT

Vision involves different physiological and cerebral mechanisms. It involves the oculomotor system, which is responsible for moving the eyes to place them on what the observer wants to observe, the photoreceptor cells that convert light stimuli into electrical signals, and the occipital lobe responsible for interpreting these signals and forming the image in the brain. It also requires the cognitive functions of the brain such as semantic memory, long-term memory and working memory to come into play.

Reading is a daily activity in which these processes are most evident and easier to manipulate. Therefore, understanding how we read, partially allows us to understand how these areas work, and one way to achieve this understanding is by analyzing the information provided by eye movements during reading. A non-invasive technique to detect such movements for later analysis is the use of the eye-tracker.

Both in free observation and during reading, the eyes perform fixations and saccades between the fixations and, during these ones, occur small ballistic movements called microsaccadic movements. Different works show that these movements are associated with cognitive processes and with the task of maintaining the image on the retina, although there is no unified criterion on how to detect them.

On the other hand, aging usually brings with it a deterioration of brain tissue, sometimes normal and sometimes pathological, which mainly affects the brain areas associated with memory and different cognitive processes.

In this thesis we analyze the microsaccadic movements present in the fixations recorded with an eye-tracker during reading, performed by groups of young adults, healthy older adults and elder adults with early cognitive impairment. We present a different method for detecting microsaccadic movements, combining the Continuous Wavelet Transform that exploits their ballistic nature, together with the localization of outliers in velocity space. Once the microsaccadic movements are extracted we show, using Linear Mixed Models, how they are affected by different stimuli for each one of the groups of subjects. The considered stimuli are the types of sentences and the predictability, frequency and length of words. We also examined the role of microsaccades during reading by analyzing their orientation during different types of fixations. For this purpose, we previously classified the fixations during reading, and we made angular histograms for the different kind of fixations and for each one of the different groups of subjects.

Certifico que fueron incluidos los cambios y correcciones sugeridas por los jurados.

Dra. Liliana R. Castro

DIRECTORA

Índice General

Índice de Figuras	xv
Índice de Tablas	xix
Objetivos y Organización de la Tesis	1
1. Wavelets y Singularidades	5
1.1. Introducción	5
1.2. Reseña Histórica	6
1.3. Transformada Wavelet	11
1.3.1. Transformada de Fourier	11
1.3.2. Transformada de Fourier con Ventana	12
1.3.3. Transformada Wavelet Continua	16
1.4. Detección de Singularidades	19
1.4.1. Líneas de Módulo Máximo	20
2. Movimientos Oculares	25
2.1. Introducción	25
2.2. Reseña Histórica	26
2.3. El Sistema Visual	29
2.3.1. Fisiología y Proceso de Percepción	29
2.3.2. El Cerebro	32
2.4. Clasificación y Registro de los Movimientos Oculares	33
2.4.1. Registro de los Movimientos Oculares	34
2.5. Movimientos Microsacádicos	36
2.5.1. Detección con Umbral de Velocidad	37
2.5.2. Detección con Líneas de Módulo Máximo	39

3. Aportes	43
3.1. Introducción	43
3.2. Experimento de Lectura	44
3.2.1. Participantes	44
3.2.2. Corpus de Oraciones	44
3.2.3. Registro de los Datos	47
3.3. Efectos de las Palabras en la Lectura	48
3.3.1. Efectos de Inmediación	48
3.3.2. Efectos Retrasados	49
3.3.3. Efectos Sucesores	49
3.4. Análisis de los Datos	50
3.4.1. Tipos de Fijaciones Durante la Lectura	50
3.4.2. Detección de MS	54
3.5. Análisis de los Movimientos MS	56
Conclusiones y Trabajo Futuro	65
Bibliografía	69
Apéndice A	75

Índice de figuras

1.1.	Arriba, $h_1(x)$. Centro, $h_2(x)$. Abajo, $h_3(x)$	7
1.2.	Esquema del plano tiempo-frecuencia correspondiente a la TF.	12
1.3.	Arriba: la función chirp. Centro: Gaussianas, de izquierda a derecha $\alpha = 0,05, 0,01, 0,005$. Abajo: Producto señal por ventana.	14
1.4.	Esquema plano tiempo-frecuencia de la TFV.	15
1.5.	De izquierda a derecha, $\psi_{a,b}$ con $a = 2$, $a = 1$ y $a = 0,5$	17
1.6.	Plano tiempo-frecuencia de la TWC.	18
1.7.	Una señal (función) $f(t)$ con varios saltos o singularidades.	20
1.8.	a) Una señal con varios saltos. b) La señal suavizada con la convolución. c) La transformada wavelet de la señal usando una wavelet con 1 momento nulo. d) La transformada wavelet de la señal usando una wavelet con 2 momentos nulos. En rojo algunos puntos de derivada máxima. En verde algunos puntos de curvatura máxima.	22
1.9.	Arriba: Señal con varios saltos. Abajo: Módulo de la TW de la señal, usando $\psi(t) = -\theta'(t)$ con $\theta(t) = e^{-t^2}$, como madre wavelet. En blanco las LMM.	23
2.1.	Primera representación gráfica moderna del interior del ojo humano en 1619 de Scheiner [52].	27
2.2.	Partes principales del ojo humano.	31
2.3.	Músculos principales del ojo humano.	31
2.4.	Esquema sintético del proceso de visión humano [40].	33
2.5.	Esquema de los movimientos fijacionales [40].	34
2.6.	Fijaciones en un experimento de lectura. La fijación número 5 está resaltada y aumentada para apreciar los registros obtenidos por el Eye Tracker durante dicha fijación. La temporalidad está dada por el color, comienza en azul y termina en rojo.	35

2.7.	Arriba: Posiciones horizontal y vertical de una fijación durante lectura, para cada ojo. Abajo: Las velocidades horizontal y vertical. En rojo las elipses umbrales de velocidad. En negro las porciones de movimiento que corresponden a los MS. El valor de λ elegido es 2.	38
2.8.	Arriba: Posición horizontal de un ojo. Centro: Posición vertical de un ojo. Abajo: Módulo de la TW de la señal compleja $s = x + iy$. Los puntos verdes corresponden a los MS identificados por las LMM (pág. 55, [3]).	40
3.1.	Características de las palabras en las oraciones. En rojo la MJW en cada oración.	46
3.2.	Imagen del experimento realizado.	47
3.3.	Fijaciones durante una lectura. Cada fijación está indexada según el orden en que se presentó. La fijación 1 es inicial (elipse con borde punteado). Las fijaciones 2, 3, 4, 5, 6 y 8 son de primera pasada (borde grueso). La fijación 7 es una refijación (borde con guiones). Las fijaciones 9 y 10 son finales (borde fino).	51
3.4.	Porcentaje de cada tipo de fijaciones sobre el total de fijaciones, para cada grupo. Izquierda: Grupo AJ. Centro: Grupo AM. Derecha: Grupo AMDCI.	52
3.5.	Duración promedio de las fijaciones (rombos) \pm desvío estándar (círculos), separadas por grupos (azul, grupo AJ, rojo AM, negro AMDCI).	53
3.6.	Arriba: Posición horizontal del ojo izquierdo durante una fijación. Centro: Posición vertical del ojo izquierdo. Abajo: Módulo de la TWC de las señales. Los triángulos verdes corresponden a los movimientos MS detectados según las LMM.	55
3.7.	Arriba: Posición horizontal del ojo izquierdo durante una fijación. Centro: Posición vertical del ojo izquierdo. Abajo: Módulo de la TWC de las señales. Los triángulos verdes corresponden a los movimientos MS detectados según las LMM. Los triángulos rojos corresponden a los movimientos MS detectados con el umbral de velocidad. Las elipses encierran los movimientos MS detectados por ambos métodos.	56
3.8.	Arriba: Fijaciones en una lectura. Centro: Fijación 3 ampliada, ojo derecho. Abajo: MS binocular extraído con ambos métodos.	56

3.9. Distribución del tiempo inicial de los MS binoculares en las fijaciones PP y RF.	57
3.10. Distribución angular de todos los MS de los grupos AJ, AM y AMDCI.	58
3.11. Distribución angular de todos los MS de los grupos AJ, AM y AMDCI. Línea sólida: Ms en fijaciones de PP. Línea punteada: Ms en RF.	58
3.12. Izquierda: Una fijación de PP. Derecha: Una RF. Abajo la dirección de la sacada anterior (flechas sólidas) y la dirección del MS (flechas punteadas). Azul: grupo AJ. Rojo: grupo AM. Negro: grupo AMDCI. .	59
3.13. Izquierda: Duración promedio de los MS por sujeto. Derecha: Longitud promedio de los MS por sujeto. AJ en azul, AM en rojo y AMDCI en negro. Los círculos corresponden al valor promedio y las líneas a \pm desvío estándar.	59
3.14. Largo promedio de los MS, amj, emj,dmj. Los colores para los grupos AJ, AM y AMDCI son azul, rojo y negro, respectivamente. Los círculos corresponden al valor promedio y las líneas a \pm desvío estándar.	60

Índice de tablas

3.1. Información de las fijaciones.	53
3.2. Resultados del modelo aplicado a la duración de los MS en fijaciones de PP. Los p -valores con * indican efecto significativo de la variable sobre la duración.	61
3.3. Resultados del modelo aplicado a la duración de los MS en RF. Los p -valores con * indican efecto significativo de la variable sobre la duración, y los p -valores con ** indican efecto muy significativo.	62
3.4. Resultados del modelo aplicado al largo de los MS en fijaciones de PP. Los p -valores con * indican efecto significativo de la variable sobre el largo, y los p -valores con ** indican efecto muy significativo.	62
3.5. Resultados del modelo aplicado a al largo de los MS en RF.	63

Objetivos y Organización de la Tesis

Objetivos

A partir de la segunda mitad del siglo pasado la esperanza de vida humana ha ido en aumento a nivel mundial. Este aumento conlleva un deterioro fisiológico inevitable, que tiene su máxima expresión en el incremento de enfermedades neurodegenerativas en los países en los cuales la esperanza de vida es mayor. Este incremento de enfermedades neurológicas asociadas al envejecimiento, demanda que los esfuerzos puestos en la investigación sobre métodos de diagnósticos sean cada vez mayores, y más aún en diagnósticos tempranos y no invasivos.

Esta tesis, que es la continuación de [1] y del trabajo titulado “Detection and analysis of micro-saccadic movements during reading using the Continuous Wavelet Transform”, presentado el 13 de septiembre del 2021 en el VI Congreso Latinoamericano de Matemáticos, tiene como objetivo general profundizar sobre la naturaleza y las funciones de los movimientos microsacádicos durante la lectura. Los movimientos microsacádicos, como describiremos en detalle más adelante, son una pequeña parte de los movimientos que realiza el ojo tanto en la observación libre como durante la lectura. En diversos trabajos se muestra que estos movimientos están ligados a procesos cognitivos, por lo que su estudio adquiere importancia en tanto puede ayudar a develar los mecanismos que pone en juego el cerebro durante la lectura. Si se logra determinar la naturaleza de estos movimientos, sus características y sus funciones durante la lectura, y la manera en la que éstas se modifican dependiendo de las edades y/o patologías de los sujetos, su estudio podría ayudar a comprender los procesos mentales involucrados en la lectura, por un lado, y al diagnóstico temprano y no invasivo de enfermedades neurodegenerativas.

Teniendo en cuenta lo dicho precedentemente, nuestros objetivos específicos son:

- Encontrar un método robusto de detección y extracción de los movimientos microsacádicos durante la lectura.

- Aplicar dicho método a señales de lectura de sujetos sanos de diferentes edades, y a sujetos con deterioro cognitivo incipiente.
- Analizar y caracterizar los movimientos microsacádicos, y si éstos se modifican frente a diferentes estímulos.
- Hallar evidencia de la función que estarían cumpliendo los movimientos microsacádicos en la lectura.

Organización de la Tesis

A continuación describiremos la organización de esta tesis.

En el Capítulo 1 presentamos la Transformada Wavelet comenzando con una revisión histórica, para luego abordar algunas nociones previas como la Transformada de Fourier y la Transformada de Fourier con ventana, y definir la Transformada Wavelet Continua. Profundizaremos sobre la Transformada Wavelet Continua, definiremos singularidad de una señal, y describiremos el método de Líneas de Módulo Máximo utilizado para detectarlas. Por último, enunciaremos los resultados que indican los tipos de wavelets que permiten una mejor detección de singularidades mediante el método mencionado.

En el Capítulo 2, Movimientos Oculares, expondremos la evolución histórica sobre el estudio de la visión. Seguiremos con una descripción detallada del sistema visual humano, su fisiología y el proceso de percepción. A continuación, describiremos las técnicas de registro de los movimientos oculares y la clasificación de los diferentes tipos de movimientos. Finalizaremos con una descripción pormenorizada de los movimientos microsacádicos, los principales resultados en la bibliografía científica, y dos de los métodos más utilizados para su detección y extracción, haciendo hincapié en las ventajas y desventajas de cada uno.

En el Capítulo 3, Aportes, describiremos la base de datos utilizada, el experimento realizado para obtenerla, los participantes, y las características de las oraciones y de las palabras que las componen. Explicaremos los efectos de las palabras sobre los movimientos oculares descritos en la bibliografía científica. Luego, detallaremos los diferentes tipos de fijación con el objetivo de analizar la función de los microsacádicos. A continuación, aplicaremos un método de detección y extracción de movimientos microsacádicos novedoso y superior de los utilizados hasta el momento. Por último,

presentaremos los resultados obtenidos al analizar los movimientos microsacádicos detectados, y como éstos son susceptibles a los diferentes tipos de fijaciones, así como a las características de los sujetos, de las oraciones y de las palabras en ellas.

Finalmente, en el último capítulo, enunciaremos las conclusiones del trabajo realizado y las propuestas para futuras actividades de investigación.

Con respecto a la bibliografía, la misma está organizada alfabéticamente y puede consultarse a continuación del Capítulo Conclusiones y Trabajo Futuro.

Capítulo 1

Wavelets y Singularidades

En el presente capítulo abordaremos el concepto de Transformada Wavelet (TW) y algunas de sus aplicaciones al análisis de señales. En principio expondremos una breve reseña histórica, y luego enunciaremos su definición formal, sus propiedades principales, sus características, y algunos de los resultados más relevantes. Para finalizar, definiremos qué entendemos por singularidades, y profundizaremos sobre la Transformada Wavelet Continua (TWC) y su capacidad para detectarlas.

En el Capítulo 3 presentaremos los resultados obtenidos al aplicar la TWC a señales de movimientos oculares. En dichas señales las singularidades están asociadas a ciertos movimientos fijacionales llamados *microsacádicos* (ver Capítulo 2).

1.1. Introducción

La TW es un concepto relativamente reciente en matemática, y su estudio y aplicaciones han crecido a tasas explosivas a partir de la publicación de los trabajos de S. Mallat [35] y de I. Daubechies [13].

Este crecimiento se debe, por un lado, a que la TW constituye una síntesis de ideas originadas en los últimos 50 años en ingeniería, física y matemática pura; por otro, a que el análisis mediante la TW es una herramienta simple y poderosa con aplicaciones en variados campos del conocimiento.

Su aplicación al análisis de un amplio espectro de señales y al análisis numérico, han derivado en resultados sumamente útiles para el avance científico.

1.2. Reseña Histórica

Si bien el concepto de wavelet es relativamente nuevo en matemática, es el resultado de una discusión que comenzó hace más de 200 años.

En 1807 J. Fourier enunció que “toda función periódica $f(x)$ de periodo 2π admite un desarrollo en serie de Fourier de la forma

$$a_0 + \sum_1^{\infty} a_k \cos(kx) + b_k \operatorname{sen}(kx)”.$$

En ese momento los conceptos de función e integral no eran tan precisos como lo son actualmente, y cuando P. Du Bois-Reymond en 1873 construyó una función de una variable real, continua, de periodo 2π , cuya serie de Fourier diverge en un punto, se abrieron diferentes caminos buscando explicar para qué tipos de funciones diverge la serie. Estos caminos, que condujeron a resultados destacables, los detallaremos a continuación.

Uno de ellos fue el de reformar la noción de función y encontrar una que se adapte, en algún sentido, a las series de Fourier, lo que devino en los conceptos de *medida* y *funciones medibles* atribuidos a H. Lebesgue. Estos conceptos permitieron la definición del espacio $L^2 [0, 2\pi]$, y se probó que las funciones del desarrollo de la serie de Fourier constituyen una base ortonormal de dicho espacio.

Otro camino fue modificar la noción de convergencia de las series de Fourier, para lo cual se consideró la serie de las medias aritméticas de sumas parciales (sumas de Césaro)

$$\sigma_n = \frac{1}{n} (S_0 + S_1 + \dots + S_{n-1}),$$

y entonces ya no existía el problema de la divergencia para la función de Du Bois-Reymond.

El tercer camino fue el de encontrar otros sistemas ortonormales en los cuales el fenómeno de la función de Du Bois-Reymond no sucediera. Este último camino fue el que condujo al concepto de wavelets.

El primero en obtener resultados al problema de encontrar otros sistemas ortonormales para representar funciones fue A. Haar en 1909, quien definió un conjunto ortonormal de funciones en el intervalo $[0, 1]$, tomando como punto de partida la función

$$h(x) = \begin{cases} 1, & x \in [0, 1/2) \\ -1, & x \in [1/2, 1) \\ 0, & \text{otro caso.} \end{cases}$$

Para definir dicha base, Haar tomó, para $n \geq 1$, $n = 2^j + k$, donde $j \geq 0$ y $0 \leq k < 2^j$, y definió

$$h_n(x) = 2^{\frac{j}{2}} h(2^j x - k),$$

cuyo soporte es el intervalo diádico $I_n = [k2^{-j}, (k+1)2^{-j})$ que está contenido en el intervalo $[0, 1)$ cuando $0 \leq k < 2^j$. Para completar el conjunto definió

$h_0(x) = 1, \forall x \in [0, 1)$. En la Figura 1.1 se puede apreciar el gráfico de $h_1(x)$, $h_2(x)$ y $h_3(x)$.

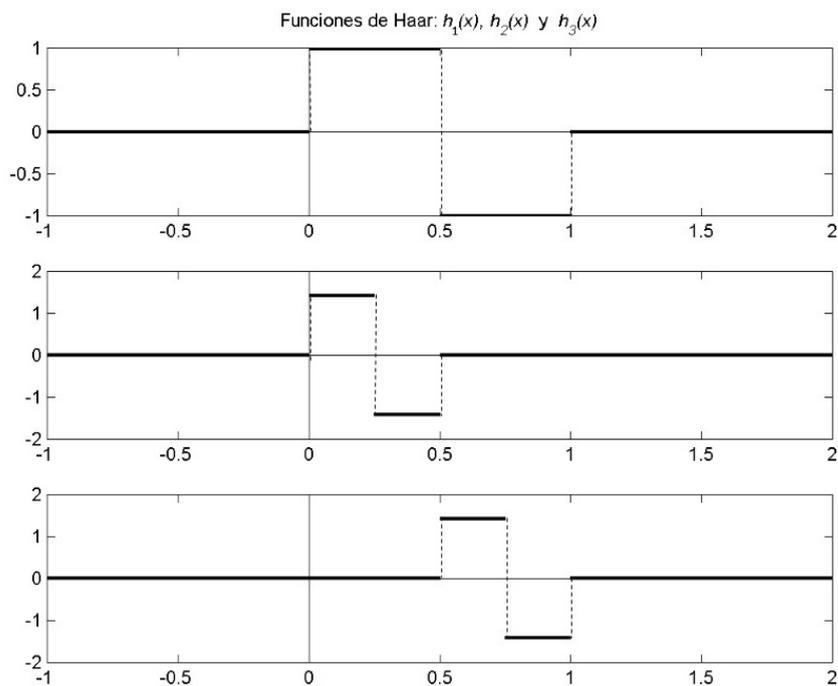


Figura 1.1: Arriba, $h_1(x)$. Centro, $h_2(x)$. Abajo, $h_3(x)$.

Haar probó que el conjunto de funciones $\{h_n(x)\}_{n=0}^{\infty}$ forma una base ortonormal (o base de Hilbert) de $L^2([0, 1])$, es decir, que cualquier función $f(x) \in L^2([0, 1])$ (también llamado espacio de funciones de energía finita) se puede aproximar uniformemente por medio de la serie

$$\langle f, h_0 \rangle h_0(x) + \langle f, h_1 \rangle h_1(x) + \dots + \langle f, h_n \rangle h_n(x) + \dots,$$

donde $\langle f, g \rangle = \int_0^1 f(x)g^*(x)dx$, y $g^*(x)$ es el conjugado complejo de $g(x)$.

Esta base descubierta por Haar resulta ser la respuesta más simple a la pregunta sobre la existencia de otros sistemas ortonormales en los cuales descomponer una fun-

ción, y no es más que una aproximación a la función $f(x)$ por funciones escalón cuyos valores son los valores medios de la función $f(x)$ en los intervalos diádicos.

Uno de los problemas con la representación a la que arribó Haar es que si uno descompone una función continua, los elementos de la base (o “átomos”) usados para la reconstrucción no son funciones continuas, lo que no parece tener sentido. Por otro lado si la función es de clase C^1 , *i.e.*, con derivadas continuas, entonces la representación de $f(x)$ por medio de la base $\{h_n(x)\}_{n=0}^{\infty}$ es sumamente inapropiada.

Este problema logró ser subsanado por Faber y Schauder, quienes entre 1910 y 1920, crearon una base formada por las primitivas de las funciones $h_n(x)$ del sistema de Haar [45]. Esta nueva base de funciones continuas es una *base de Schauder* del espacio de Banach E de las funciones continuas.

A partir de 1930, diferentes grupos de científicos convergieron a la definición de wavelet por distintos caminos.

Una de estas direcciones fue el estudio del movimiento Browniano, que es una señal o movimiento aleatorio que se observa en partículas microscópicas inmersas en un fluido. Si bien el análisis de Fourier era una buena herramienta que permitía resaltar las propiedades espectrales de este tipo de señales, P. Lévy probó que utilizando la base de Schauder [45] (con desplazamientos) se obtenía una representación que revelaba mejor las propiedades de regularidad y la estructura multifractal de la trayectoria del movimiento Browniano.

Otro de los caminos tomados fue el de J. Littlewood y R. Paley [33], que trabajaron sobre representaciones que pudieran localizar temporalmente la energía de una señal. Si bien es posible calcular la energía media de una señal sumando los cuadrados de los coeficientes de Fourier, esto no alcanza para determinar si la energía se encuentra distribuida en forma homogénea a lo largo de la señal, o si ésta se encuentra concentrada alrededor de unos pocos puntos.

Para resolver este problema es necesario calcular diferentes p -normas ($p > 2$) de la señal y compararlas con la norma 2 que es la que nos brinda información sobre la energía, ya que si ésta está concentrada alrededor de unos pocos puntos, las p -normas de la señal serán de orden de magnitud mayor a la norma 2. El problema reside en que, mientras la norma 2 puede obtenerse a partir de los coeficientes de Fourier, para $p > 2$ esto no es posible.

Littlewood y Paley probaron, a partir de la definición de los intervalos o bloques diádicos una desigualdad que relaciona la p -norma de la señal con los coeficientes de Fourier. Hasta aquí el término wavelet no existía, y no fue hasta que un equipo

de científicos junto con A. Zygmund en la universidad de Chicago extendieron los resultados de Littlewood y Paley a espacios euclidianos n -dimensionales, que el término *madre wavelet* apareció. Se llamó así a una función $\psi(x)$ infinitamente diferenciable, de decrecimiento rápido y con algunas características espectrales que permitían afirmar que el análisis de Littlewood-Paley-Stein conserva la energía. Este análisis consiste en tomar $\psi_j(x) = 2^{nj}\psi(2^jx)$ y reemplazar los bloques diádicos de Littlewood y Paley por convoluciones, de manera que $\delta_j(f) = f \star \psi_j$. La función Littlewood-Paley-Stein $g(x)$ se define como

$$g(x) = \sum_{j \in \mathbb{Z}} \delta_j(f),$$

y se probó que la energía de f y g son equivalentes, i.e. que existen constantes reales $C_p \geq c_p \geq 0$ tales que

$$c_p \|g\|_p \leq \|f\|_p \leq C_p \|g\|_p.$$

Esta función g permite realizar un análisis centrado en la capacidad de cambiar las escalas, que varían de acuerdo a j , y no en el contenido frecuencial. Gracias a trabajos posteriores de Mallat y Zhong [38] y Marr y Hildreth [39], el análisis de Littlewood-Paley constituye una buena herramienta para el procesamiento numérico de imágenes.

Otra de las direcciones de investigación seguidas a partir de 1930 devino en el sistema de P. Franklin [22], quien obtuvo una base ortonormal a partir de la base de Schauder por medio del proceso de ortogonalización de Gram-Schmidt. Esto significó avances sobre las bases de Schauder, y por ende sobre la base de Haar que es un caso particular, ya que la de Franklin permite la descomposición de cualquier función en $L^2([0, 1])$ y la caracterización de los espacios C^r . El problema de la base de Franklin reside en que no cuenta con una estructura algorítmica simple, ya que las funciones que la componen no se obtienen a partir de traslaciones y dilataciones de una función en particular, como en el caso de la base de Schauder o la de Haar, lo que hizo que se perdiera interés en dicho sistema. Afortunadamente, Z. Cieliski probó la existencia de constantes reales $\gamma > 0$ y $C > 0$, tales que las funciones f_n de la base cumplen que

$$|f_n(x)| \leq C 2^j e^{-\gamma|2^j x - k|},$$

si $0 \leq x \leq 1$, $n = 2^j + k$, y $0 \leq k < 2^j$. De esta forma se probó que si las funciones de la base se toman

$$f_n(x) = 2^{j/2}\psi(2^j x - k),$$

donde $\psi(x)$ es una función que cumple la condición de Lipschitz y tiene decrecimiento rápido, todo funciona correctamente. Varios años después, en 1980, se descubrió que en cierto sentido la base de wavelets ortonormales descubierta por Strömberg [54] “vive” dentro del sistema de Franklin.

Otro de los caminos seguidos a partir de 1930 condujo a las wavelets de Lusin. Su trabajo, interpretado a la luz de la teoría de wavelets [46], consistió en el análisis y síntesis de funciones en el espacio de Hardy H^p usando *átomos* o *elementos base*, que son las funciones elementales en dicho espacio. En 1977, G. Weiss y R. Coifman [9] fueron los primeros en interpretar la teoría de Lusin en término de *descomposiciones atómicas*, es decir, en expresar una señal en función de las funciones átomos o elementos base.

En 1980, A. Grossmann y J. Morlet reinterpretaron la identidad de Calderón (pág. 55,[26]), y definieron las wavelets

$$\psi_{(a,b)}(x) = a^{-n/2}\psi\left(\frac{x-b}{a}\right),$$

a partir de la wavelet de análisis $\psi(x)$, y probaron que una señal arbitraria podía ser analizada a partir de las traslaciones y dilataciones de la función $\psi(x)$ [23].

A partir de allí se comenzó a comprender que las representaciones halladas constituían un buen sustituto del análisis de Fourier para aplicaciones numéricas, y el énfasis se puso en hallar los átomos y las reglas que permitieran representar todos los elementos de un espacio funcional a partir de estos átomos. La teoría antes conocida como “Teoría de Littlewood-Paley” empezó a conocerse como “Teoría de Wavelets”, nombre propuesto por Y. Meyer y J. Morlet, que eligieron el término wavelet para designar esos bloques o átomos.

Y. Meyer y P. Lemarié, independientemente de J. Strömberg, construyeron wavelets ortormales, y Meyer junto con S. Mallat propusieron la noción de análisis multirresolución, a partir de la cual se desarrolló un método sistemático para comprender las expansiones en wavelets ortogonales. Mallat, quien era especialista en señales, descubre la relación entre filtros, algoritmos piramidales y bases ortonormales de wavelets [36] [35] [34], y a partir de sus resultados Ingrid Daubechies crea bases ortonormales de wavelets para $L^2(\mathbb{R})$ [11] [12] [13].

A partir de la década del 90, las aplicaciones e investigaciones utilizando la trans-

formada wavelet han crecido exponencialmente, sobre todo en aplicaciones al análisis de señales biomédicas, sísmicas, imágenes y sonido, demostrando su aplicabilidad a variados campos de conocimiento.

1.3. Transformada Wavelet

La TW constituye una novedosa y eficiente herramienta para el análisis de señales, que consiste en expresar una señal de energía finita como superposición de traslaciones y dilataciones de una función fija llamada *madre wavelet*. En particular, el análisis mediante TW resulta sumamente adecuado para señales no estacionarias y también para el procesamiento numérico de señales. A su vez, y como veremos en las siguientes subsecciones, la buena localización en tiempo y frecuencia del análisis mediante la TW permite ubicar adecuadamente en el tiempo fenómenos espectrales y trascendentes de una señal.

Antes de definir la Transformada Wavelet Continua (TWC) definiremos la Transformada de Fourier (TF) y la Transformada de Fourier con Ventana (TFV).

1.3.1. Transformada de Fourier

La TF \hat{f} de una función $f \in L^1(\mathbb{R})$ está dada por la fórmula

$$\hat{f}(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)e^{-i\omega t} dt.$$

A su vez, la función original puede obtenerse a partir de la fórmula de inversión

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \hat{f}(\omega)e^{i\omega t} d\omega,$$

la cual nos indica que es posible escribir una función como superposición de funciones armónicas. Para las funciones de cuadrado integrable que no pertenecen al espacio $L^1(\mathbb{R})$, es posible extender la definición, y esta extensión puede verse en [36], Capítulo 2.

Si bien a través de la TF es posible obtener información espectral de la señal, la información obtenida sólo nos indica cuáles son las frecuencias que están presentes a lo largo de toda la señal f , lo que la hace una herramienta apropiada para la transmisión de señales o para el procesamiento de señales estacionarias. Sin embargo, no nos brinda la posibilidad de localizar temporalmente las frecuencias, ni su evolución en el tiempo,

o ubicar cuándo se produce algún fenómeno trascendente. Esto se debe a que el soporte de $e^{i\omega t}$ cubre toda la recta real, por lo que el cálculo del espectro $\hat{f}(\omega)$ en un único punto ω depende de los valores de $f(t)$ en todo tiempo t . Esto hace que las propiedades locales de f difícilmente puedan ser obtenidas a partir de $\hat{f}(\omega)$.

En la Figura 1.2 se puede apreciar la representación en el plano *tiempo-frecuencia* de la información espectral que obtenemos de una señal mediante su TF.



Figura 1.2: Esquema del plano tiempo-frecuencia correspondiente a la TF.

Un primer avance en el intento de extraer información espectral bien localizada en tiempo y frecuencia de una señal f , es la TFV, que describiremos en la siguiente subsección.

1.3.2. Transformada de Fourier con Ventana

Para definir la TFV, necesitamos definir previamente *ventana en tiempo y frecuencia*.

Definición 1 Una función $h(t)$ no nula tal que

$$th(t) \in L^2(\mathbb{R}), \quad (1.1)$$

se dice una ventana en tiempo. Si $h(t)$ cumple que

$$\omega \hat{h}(\omega) \in L^2(\mathbb{R}), \quad (1.2)$$

donde \hat{h} es la TF de h , entonces h se dice una ventana en frecuencia.

Observaciones:

1. Si una función h cumple simultáneamente (1.1) y (1.2), decimos que h define una ventana en tiempo y frecuencia.
2. La función B-spline de primer orden

$$N_1(t) = \begin{cases} 1, & 0 \leq t < 1 \\ 0, & \text{caso contrario,} \end{cases}$$

es una función ventana en tiempo, pero como su TF \widehat{N}_1 no cumple (1.2), N_1 no define una ventana en frecuencia.

3. La función gaussiana g_α , $\alpha > 0$, definida por

$$g_\alpha(t) = \frac{1}{2\sqrt{\pi\alpha}} e^{-t^2/4\alpha},$$

verifica (1.1), y a su vez cumple que su TF $\widehat{g}_\alpha(\omega) = \frac{1}{4\alpha} e^{-\alpha\omega^2}$ es también una función gaussiana, por lo que podemos afirmar que ésta función define una ventana en tiempo y frecuencia.

4. Si h es una ventana en tiempo, la integral dada por

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(t) h^*(t-b) dt,$$

indica que estamos mirando la señal f a través de la ventana temporal $h(t-b)$ centrada en b . En la Figura 1.3 se puede apreciar la función “chirp” $f(t) = \sin(\pi t^2)$, y las señales que resultan al mirarla a través de ventanas gaussianas con diferentes anchos (diferentes valores de α).

5. En el plano tiempo-frecuencia, la información obtenida a partir de la TFV se encuentra en rectángulos de área $4\Delta_h\Delta_{\widehat{h}}$, donde $2\Delta_h$ y $2\Delta_{\widehat{h}}$ son el ancho y el alto correspondiente a la ventana h (pág. 13-15, [6]). De esta manera, mientras menor sea el área de la ventana, mejor localizada estará la información.

Puede probarse, mediante el *principio de incertidumbre* (pág. 56, [8]), que si la función ventana es gaussiana, su área es igual a 2, y cualquier otra función ventana tendrá un área mayor. El mismo principio nos indica que localización óptima en tiempo y localización óptima en frecuencia son mutuamente excluyentes.

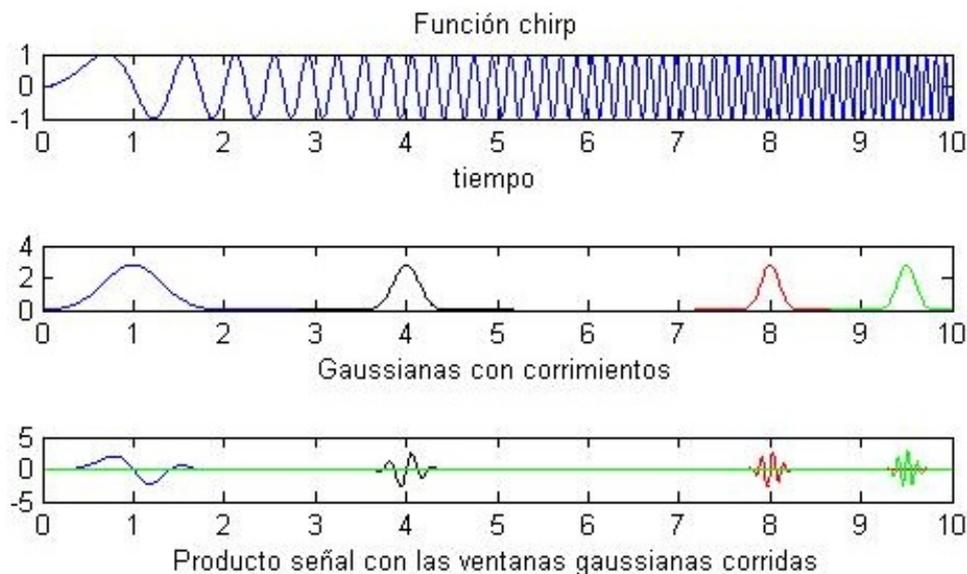


Figura 1.3: Arriba: la función chirp. Centro: Gaussianas, de izquierda a derecha $\alpha = 0,05, 0,01, 0,005$. Abajo: Producto señal por ventana.

La información brindada por la TF es un ejemplo de localización óptima en frecuencia que implica la pérdida de localización en tiempo.

Por medio de la definición de ventana, podemos definir la TFV.

Definición 2 Sea $h \in L^2(\mathbb{R})$ una función que define una ventana en tiempo y frecuencia, y $f \in L^2(\mathbb{R})$. La TFV de f se define como

$$(G_h f)(b, \xi) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)h(t-b)e^{-i\xi t} dt. \quad (1.3)$$

Notando

$$H_{b,\xi}(t) = h(t-b)e^{i\xi t},$$

la fórmula (1.3) puede reescribirse como

$$(G_h f)(b, \xi) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)H_{b,\xi}^*(t)dt = \langle f(t), H_{b,\xi}(t) \rangle. \quad (1.4)$$

Observaciones:

1. La ecuación (1.3) se puede interpretar como la TF de f en la frecuencia ξ , localizada en un entorno de b por la ventana $h(t-b)$.

2. Puede probarse (pág. 67-68, [36]) que la energía de la ventana temporal $H_{b,\xi}(t)$ está concentrada en un intervalo de centro b de largo Δ_h en el tiempo, y que la energía de la transformada $\widehat{H}_{b,\xi}(\omega)$ está concentrada en un intervalo de centro ξ y largo $\Delta_{\widehat{h}}$ en frecuencia. También se prueba que las longitudes de esos intervalos (dependientes de h), no dependen de b y ξ . Así, los coeficientes obtenidos mediante la TFV nos revelan información espectral de la señal en “cajas” temporales/frecuenciales regulares, centradas temporalmente en b y frecuencialmente en ξ .

En la Figura 1.4 se puede apreciar la localización en el plano tiempo-frecuencia de la información obtenida al analizar una señal mediante la TFV.

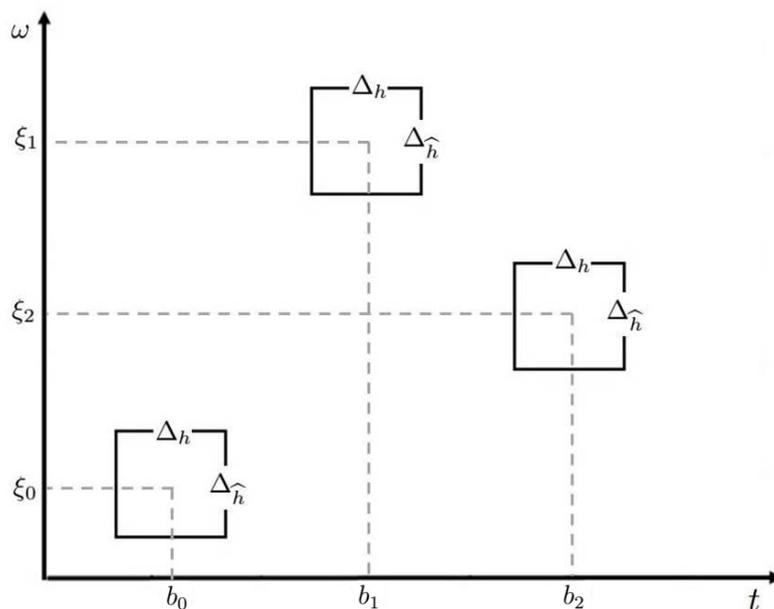


Figura 1.4: Esquema plano tiempo-frecuencia de la TFV.

3. La frecuencia de una señal es inversamente proporcional a la duración de sus ciclos, por lo que para analizar el espectro de una señal es más adecuado un análisis que permita contar con una ventana flexible que se contraiga para localizar las frecuencias altas, y se dilate para localizar las frecuencias bajas. La desventaja de la TFV es que la ventana utilizada tiene dimensiones fijas que no dependen del tiempo ni de la frecuencia, y aunque mejora y amplía las aplicaciones de la TF, resulta insuficiente para localizar temporalmente el espectro de una señal.

Para superar las limitaciones de la TFV, la TWC brinda la posibilidad de analizar

una señal con una ventana flexible que se estrecha para captar las frecuencias altas, y se ensancha para detectar las frecuencias bajas.

1.3.3. Transformada Wavelet Continua

Definición 3 Sea $\psi(x) \in L^2(\mathbb{R})$, y $\widehat{\psi}$ su transformada de Fourier. Si se cumple la condición de admisibilidad

$$C_\psi = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{|\widehat{\psi}(\omega)|^2}{|\omega|} d\omega < \infty, \quad (1.5)$$

entonces $\psi(x)$ es una wavelet básica, wavelet de análisis o wavelet madre, y se define la TWC para una función $f(x) \in L^2(\mathbb{R})$ con respecto a ψ como:

$$(W_\psi f)(a, b) = |a|^{-1/2} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi^* \left(\frac{t-b}{a} \right) dt, \quad (1.6)$$

donde $a, b \in \mathbb{R}$ y $a \neq 0$.

Observaciones:

1. Puede probarse que la condición de admisibilidad (1.5) para $\psi \in L^1(\mathbb{R})$ sólo puede cumplirse si se verifica que $\widehat{\psi}(0) = 0$, o lo que es equivalente, si

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \psi(x) dx = 0. \quad (1.7)$$

La condición (1.7) es equivalente a decir que ψ tiene el primer *momento nulo*. Por otro lado, si ψ cumple (1.7) y la condición un poco más restrictiva

$$\int_{-\infty}^{+\infty} (1 + |x|)^\alpha |\psi(x)| dx < \infty,$$

para algún $\alpha > 0$, entonces se satisface la condición (1.5).

A todos los fines prácticos, las condiciones (1.5) y (1.7) pueden considerarse equivalentes.

2. La fórmula (1.6) puede reescribirse de la siguiente manera:

$$(W_\psi f)(a, b) = \langle f, \psi_{a,b} \rangle, \quad (1.8)$$

donde $\psi_{a,b} = |a|^{-1/2} \psi \left(\frac{t-b}{a} \right)$, a es el parámetro de escalamiento que dilata o comprime la onda $\psi(t)$, y b el parámetro de traslación. Cuando se analiza una

señal temporal $f(t)$, el parámetro b se interpreta como un corrimiento temporal, el par (b, a) se puede interpretar como un punto en el plano tiempo-escala, y la representación mediante la TWC suele llamarse representación en tiempo-escala de la señal f .

En la Figura 1.5 se puede apreciar el gráfico de la wavelet “sombbrero mexicano”, $\psi(t) = (1 - t^2)e^{-\frac{1}{2}t^2}$ y dos de sus escalamientos.

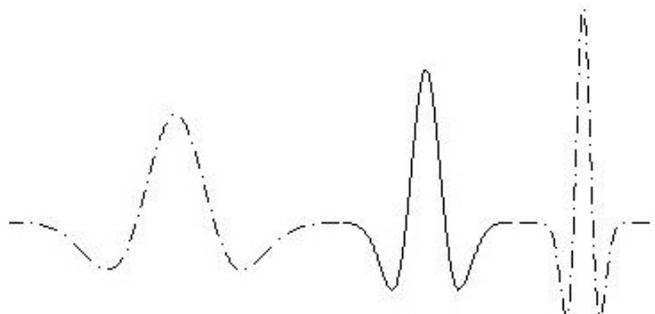


Figura 1.5: De izquierda a derecha, $\psi_{a,b}$ con $a = 2$, $a = 1$ y $a = 0,5$.

3. La fórmula (1.6) también puede reescribirse de la siguiente manera:

$$(W_{\psi}f)(a, b) = f \star \overline{\psi}_a(b),$$

donde $\overline{\psi}_a(t) = \frac{1}{\sqrt{a}}\psi\left(\frac{-t}{a}\right)$ y \star es el producto convolución.

4. Si la función ψ cumple además (1.1) y (1.2), entonces decimos que ψ es una ventana en tiempo y frecuencia.

La integral definida en (1.6) puede interpretarse como si “observáramos” la función $f(t)$ a través de la ventana $\psi\left(\frac{t-b}{a}\right)$. Bajo ciertas condiciones para ψ (pág. 81-83, [36]) se prueba que la información en el plano tiempo-frecuencia de la ventana está centrada en $(b, \frac{w_0}{a})$, donde w_0 es la *frecuencia central* de $\psi(t)$. También se prueba que $\Delta_{\psi_{a,b}} = a\Delta_{\psi}$ y que $\Delta_{\widehat{\psi}_{a,b}} = \frac{\Delta_{\widehat{\psi}}}{a}$, donde Δ_{ψ} y $\Delta_{\widehat{\psi}}$ corresponden a los desvíos estándar en tiempo y frecuencia de las funciones $\psi(t)$ y $\widehat{\psi}(\omega)$, respectivamente. Esto nos muestra que en el caso del análisis mediante TWC la ventana tiene la capacidad de contraerse para captar las frecuencias altas y ensancharse para las frecuencias bajas, dependiendo del término de escalamiento a . Es por esto que en muchas aplicaciones resulta mejor que la TF y la TFV. En la Figura 1.6

puede apreciarse la distribución en el plano tiempo-frecuencia de la información obtenida mediante el análisis de una señal con la TWC.

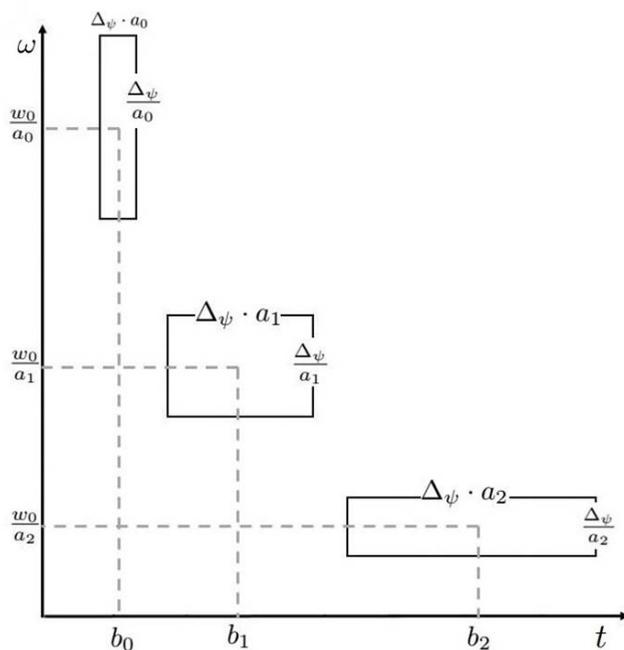


Figura 1.6: Plano tiempo-frecuencia de la TWC.

Si bien es posible establecer una relación entre la escala y la banda de frecuencias a la que nos da acceso el análisis mediante la TWC variando el parámetro a , debemos aclarar que no son sinónimos. El término escala se utiliza en el sentido de una métrica cuyas dimensiones permiten resaltar diferentes características de una misma estructura, como por ejemplo, diferentes escalas en un mapa. La frecuencia, en el sentido clásico del análisis armónico, hace referencia a la repetición periódica, mientras que el término escala está asociado a diferentes y coexistentes eventos que pueden ser vistos en diferentes expansiones del espacio y del tiempo. La escala nos brinda la posibilidad de observar la señal en diferentes resoluciones, variando el centro alrededor del cual se concentra la energía de la madre wavelet, y por ende, variando las bandas frecuenciales de las cuales podemos obtener información mediante el análisis utilizando la TWC. La relación entre la escala y la frecuencia está dada por la fórmula $a = \omega_0/\omega$, donde ω_0 es la *frecuencia central* de la madre wavelet utilizada para el análisis.

5. La TWC cumple las siguientes propiedades ([7]):

- Linealidad. Sean $f, g \in L^2(\mathbb{R})$, $\alpha, \beta \in \mathbb{R}$, entonces se verifica que

$$(W_\psi(\alpha f + \beta g))(a, b) = \alpha (W_\psi f)(a, b) + \beta (W_\psi g)(a, b).$$

- Invariante en el tiempo. Sea $f \in L^2(\mathbb{R})$, $u \in \mathbb{R}$, entonces

$$(W_\psi f(t - u))(a, b) = (W_\psi f)(a, b - u).$$

- Invariante a dilataciones. Sea $f \in L^2(\mathbb{R})$, $v \in \mathbb{R}$, y $f_v(t) = |v|^{-1/2} f(t/v)$, entonces

$$(W_\psi f_v)(a, b) = (W_\psi f)(va, v^{-1}b).$$

A continuación enunciaremos el Teorema de inversión que nos permite asegurar que es posible recuperar la función analizada a partir de su transformada.

Teorema 1 (Proposición 2.4.1, pág. 24, [13]) *Dadas las funciones $f, g \in L^2(\mathbb{R})$, y ψ una wavelet de análisis, se cumple que*

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} (W_\psi f)(a, b) (W_\psi g)^*(a, b) \frac{da}{a^2} db = C_\psi \langle f, g \rangle, \quad (1.9)$$

donde C_ψ viene dado por (1.5).

Observaciones:

1. La fórmula (1.9) puede reescribirse como (ver pág. 25, [13])

$$f(t) = C_\psi^{-1} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} (W_\psi f)(a, b) \psi_{a,b}(t) \frac{da}{a^2} db, \quad (1.10)$$

que puede interpretarse como una forma de escribir a f como una superposición de wavelets, donde los coeficientes de la superposición vienen dados por la TWC de f dada por (1.6). La fórmula anterior también puede interpretarse como una forma de reconstruir f conocida la $W_\psi f$.

1.4. Detección de Singularidades

Una de las aplicaciones de la TWC es su capacidad de detectar *singularidades* en una señal, y una de las maneras de hacer esto es mediante las *Líneas de Módulo Máximo* (LMM).

Las singularidades de una señal o función están relacionadas con el concepto de *regularidad Lipschitz*, que definimos a continuación.

Definición 4 Una función $f(t)$ se dice Lipschitz regular con exponente α , Lipschitz α , o α -regular, con $\alpha \geq 0$ en un punto τ , si existe una constante $K > 0$, tal que $\forall t \in \mathbb{R}$ es

$$|f(t) - p_\tau(t)| \leq K|t - \tau|^\alpha,$$

donde p_τ es un polinomio de grado $m = \lfloor \alpha \rfloor$, $\lfloor \cdot \rfloor$ es la función piso.

El exponente α también se conoce como *exponente de Hölder*. Puede probarse que si una función es α -regular en τ entonces esa señal es m veces diferenciable en τ , con $m = \lfloor \alpha \rfloor$ (ver pág. 167, [36]). Puede interpretarse entonces, que mientras más elevado es el índice α de regularidad, más suave es la función. Por otro lado, mientras más pequeño sea el índice α , más irregular es la función.

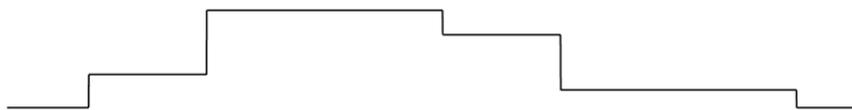


Figura 1.7: Una señal (función) $f(t)$ con varios saltos o singularidades.

Dejando de lado los casos patológicos en los cuales las singularidades se presentan en casi todo punto (por ejemplo el movimiento Browniano), en este trabajo nos limitaremos al caso de singularidades aisladas. Concretamente, nos referiremos a singularidades de una señal o función a los puntos en donde ésta no sea 1-regular. Un ejemplo básico de una señal con una singularidad es una señal tipo “salto” o escalón, y puede verse en la Figura 1.7. Esta señal es discontinua pero acotada, y es 0-regular en el punto de discontinuidad. Una función α -regular con $\alpha < 1$ en τ no es diferenciable en ese punto.

1.4.1. Líneas de Módulo Máximo

Un punto (a_0, τ) del plano tiempo-escala se considera un *punto de módulo máximo* si:

$$|W_\psi f(a_0, \tau \pm \epsilon)| < |W_\psi f(a_0, \tau)|,$$

para $\epsilon > 0$.

Así, se considera *Línea de Módulo Máximo* (LMM) a una curva que conecta los puntos de módulo máximo a través de todas las escalas a en las que se analiza la señal f , en el plano tiempo-escala.

Mallat y Hwang, como veremos más adelante en esta sección, enuncian y demuestran un Teorema que implica, entre otras cosas, que las singularidades de una función pueden encontrarse siguiendo las LMM en el plano tiempo-escala de la descomposición wavelet de la señal. Esto, siempre y cuando la madre wavelet elegida cumpla ciertas condiciones, que definiremos a continuación.

Definición 5 Una función ψ tiene n momentos nulos si existe $n \in \mathbb{N}$ tal que

$$\int_{-\infty}^{+\infty} t^k \psi(t) dt = 0, \text{ para } 0 \leq k < n.$$

Definición 6 Una función ψ es de decaimiento rápido si $\forall m \in \mathbb{N}$ existe C_m tal que $\forall t \in \mathbb{R}$

$$|\psi(t)| \leq \frac{C_m}{1 + |t|^m}.$$

Con las definiciones anteriores podemos citar un primer Teorema necesario para poder arribar a la detección de singularidades usando la TWC.

Teorema 2 (Teorema 6.2, pág. 169, [36]) Sea ψ una wavelet con decaimiento rápido. Entonces ψ tiene al menos n momentos nulos, si y sólo si existe una función θ con decaimiento rápido tal que

$$\psi(t) = (-1)^n \theta^{(n)}(t), \tag{1.11}$$

donde $\theta^{(n)}$ es la derivada n -ésima de θ . Como consecuencia de (1.11), la transformada wavelet tiene la siguiente forma:

$$W_\psi f(a, b) = a^n \frac{d^n}{db^n} (f \star \bar{\theta}_a)(b), \tag{1.12}$$

donde $\bar{\theta}_a(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \theta(\frac{-t}{a})$, y \star es el producto convolución. Más aún, ψ tiene exactamente n momentos nulos si y sólo si $\int_{-\infty}^{+\infty} \theta(t) dt \neq 0$.

La convolución $f \star \bar{\theta}_a$ puede interpretarse como un promedio de f ponderado por un núcleo dilatado por a . Y la ecuación (1.12) indica que la TW es la derivada n -ésima de esa convolución. Es decir, el Teorema 2 establece que *la TW es la derivada n -ésima de una versión “promediada” de f sobre un dominio proporcional a la escala.*

Esto nos indica el tipo de wavelet que debemos elegir para destacar determinadas características de una señal. Por ejemplo, si utilizamos una wavelet con *un momento nulo*, la TW resultará ser la *derivada primera* de la función suavizada por la convolución, y los máximos en el módulo de la TW se corresponderán con los máximos en la velocidad de la señal suavizada. Si la wavelet utilizada tuviera *dos momentos nulos*, entonces la TW de la señal será la derivada segunda de la señal suavizada, y encontrar los máximos en el módulo de la transformada equivaldrá a encontrar los puntos de máxima curvatura (ver Figura 1.8).

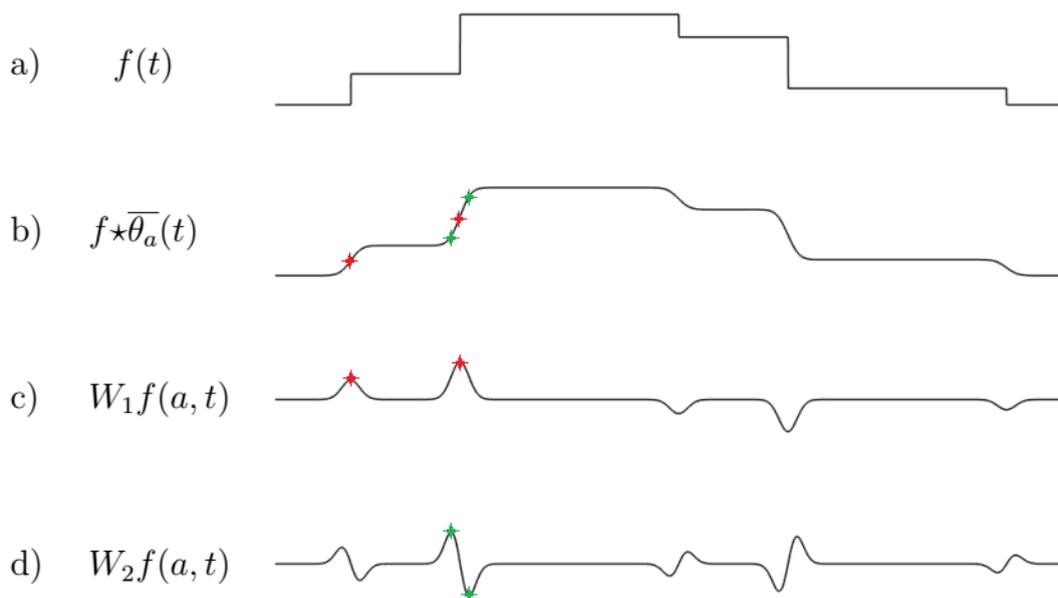


Figura 1.8: a) Una señal con varios saltos. b) La señal suavizada con la convolución. c) La transformada wavelet de la señal usando una wavelet con 1 momento nulo. d) La transformada wavelet de la señal usando una wavelet con 2 momentos nulos. En rojo algunos puntos de derivada máxima. En verde algunos puntos de curvatura máxima.

A continuación enunciaremos el Teorema de Mallat y Hwang, cuya demostración puede verse en [37], y que establece la relación entre los máximos en la TWC de una señal y los puntos de singularidad.

Teorema 3 *Sea ψ una wavelet con exactamente n momentos nulos, con n derivadas continuas y soporte compacto, y sea $f \in L^1[t_0, t_1]$. Si existe $a_0 > 0$ tal que $|W_\psi f(a, b)|$ no tiene máximos locales para $b \in [t_0, t_1]$ y $a < a_0$, entonces f es uniformemente Lipschitz n en $[t_0 + \epsilon, t_1 - \epsilon]$, para todo $\epsilon > 0$.*

Este Teorema implica que la función puede ser singular en un punto τ en donde

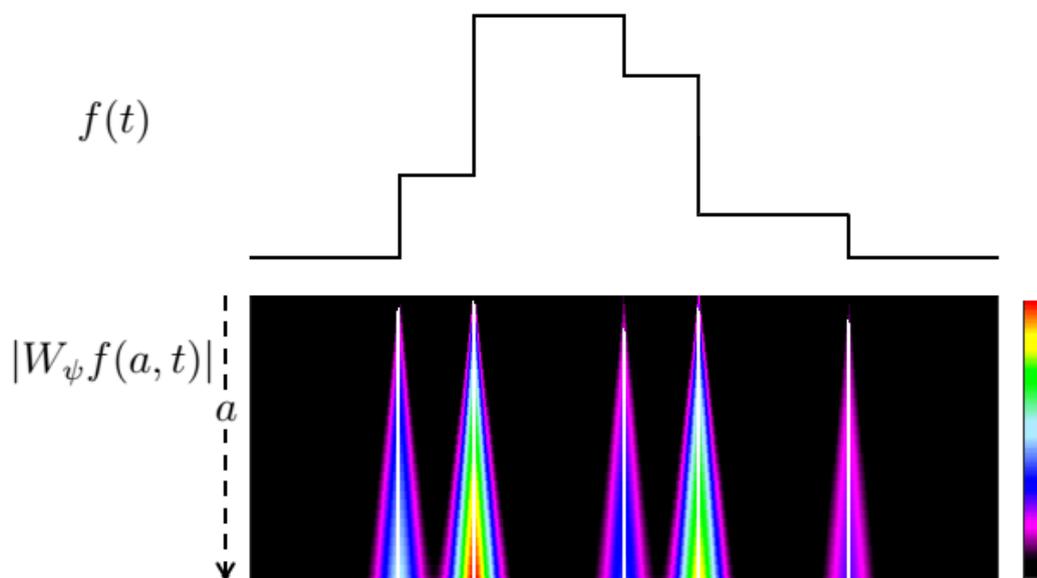


Figura 1.9: Arriba: Señal con varios saltos. Abajo: Módulo de la TW de la señal, usando $\psi(t) = -\theta'(t)$ con $\theta(t) = e^{-t^2}$, como madre wavelet. En blanco las LMM.

converja una LMM a medida que la escala decrece, siempre que elijamos adecuadamente la madre wavelet para calcular la transformada de la f .

Si tomamos la función gaussiana $\theta(t) = e^{-t^2}$, podemos definir las wavelets $\psi(t) = (-1)^n \theta^n(t)$, para algún $n \in \mathbb{N}$. Estas wavelets tienen exactamente n momentos nulos, soporte compacto, decaimiento rápido, y además, como puede verse en [36], pág. 179, esta elección garantiza que las LMM no se interrumpen a medida que decrece la escala. En la Figura 1.9 puede verse que las LMM en el plano tiempo-escala convergen a los puntos donde la señal f presenta las singularidades.

Capítulo 2

Movimientos Oculares

En el presente capítulo abordaremos los movimientos oculares. En principio esbozaremos una pequeña reseña histórica sobre su estudio. Luego, describiremos brevemente el sistema visual humano, sus aspectos fisiológicos y neurofisiológicos. A su vez, resumiremos la forma de registrar los movimientos oculares para su posterior análisis y estudio. También detallaremos los diferentes tipos de movimientos, profundizando sobre los movimientos microsacádicos, sus características y la importancia de su estudio. Finalmente, describiremos diferentes formas de detección de los mismos.

2.1. Introducción

Desde que abrimos los ojos al despertar, el cerebro arma una imagen de nuestro entorno a partir de la información lumínica que reciben los ojos, lo que nos permite interactuar y tomar decisiones a partir de esa información sensorial. El proceso mediante el cual la información lumínica es captada y transformada en impulsos eléctricos por los fotorreceptores, para luego ser organizada e interpretada a nivel cerebral como una imagen, es sumamente complejo e involucra aspectos fisiológicos, neurológicos y psicológicos. Esta complejidad aumenta cuando leemos, ya que en ese proceso no solo es necesario que la mente arme e interprete la información sensorial como una imagen, sino que además debe poner en juego aspectos cognitivos y de memoria para representar esa imagen como una palabra, comprender su significado en el contexto de lo leído y dictar al sistema oculomotor hacia dónde mirar para continuar con la lectura.

Es esta complejidad y la combinación de estos aspectos en donde reside la importancia del estudio de los movimientos oculares. Dado que el proceso de visión, ya sea de imágenes o durante la lectura, pone en marcha mecanismos muy complejos, el

análisis de los movimiento oculares reviste fundamental importancia para comprender el funcionamiento de esos mecanismos. En otras palabras, la comprensión sobre cómo movemos los ojos mientras realizamos diferentes tareas abre una ventana a la mente y a entender cómo funciona nuestro cerebro.

Las aplicaciones del análisis de movimientos oculares van desde estudios sobre diseño gráfico y aplicaciones estéticas y publicitarias, hasta investigaciones en neurociencias que arrojan luz sobre procesos cognitivos. Estas últimas han demostrado poder desarrollar métodos de diagnóstico alternativos y no invasivos de enfermedades neurodegenerativas, como demencia o la enfermedad de Alzheimer.

2.2. Reseña Histórica

La discusión más antigua en torno a explicar el funcionamiento de la visión puede rastrearse hasta los orígenes de la historia del pensamiento occidental. En la Grecia antigua (siglo VI a.C.), durante el nacimiento del pensamiento filosófico, podemos encontrar dos teorías rivales, precientíficas e intuitivas, que pugnan por explicarlo. Estas dos teorías antagónicas se definieron como el *modelo activo de la visión* y el *modelo pasivo de la visión*.

El modelo activo de la visión, adjudicado tradicionalmente primero a Pitágoras y más tarde a Euclides, propone que la sensación de ver se produce al chocar un haz de rayos emitidos por los ojos con los objetos. En este modelo activo, la acción de ver consiste en “tocar” los objetos con esos rayos emitidos activamente por el ojo. De esta forma, el ojo se consideraba el vértice de una jaula cónica de rayos dirigidos a “palpar” los objetos exteriores. En contraposición a esto, posteriormente se formula el modelo pasivo. Este modelo, atribuido a Demócrito y Lucrecio, propone que los mismos objetos de la realidad son los que envían continuamente imágenes de sí mismos al espacio que los rodea . Estas imágenes denominadas *eidolas*, se introducen en el ojo humano después de viajar por el espacio, y eso produce la visión.

Metafóricamente, en el primer modelo los rayos emitidos por el ojo pueden asimilarse a un ciego que toca la realidad con un bastón, y en el segundo modelo las imágenes (*eidolas*) que se desprenden de los objetos se asemejan a la piel de la que se desprenden las serpientes.

A partir de la modernidad (siglos XV-XVI), la revisión de las teorías antiguas comienza a dibujar el camino hacia los estudios fisiológicos. Uno de los primeros modelos modernos de visión se basa en el modelo de “cámara oscura”. Formulado ya por Aristó-

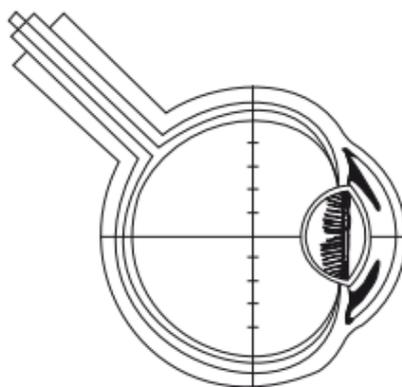


Figura 2.1: Primera representación gráfica moderna del interior del ojo humano en 1619 de Scheiner [52].

teles, y ampliamente aceptado en el pensamiento árabe antiguo, el principio de cámara oscura explica cómo la luz que penetra por un agujero minúsculo en una pared de una habitación oscura, produce sobre la pared opuesta una imagen invertida de lo que hay en el exterior. Este principio, como se comprobó más adelante, explica la inversión de la imagen proyectada en la retina, y echó por tierra el modelo activo de la antigüedad. A partir del Renacimiento este modelo sirvió para explicar la formación de la imagen visual en el ojo.

En 1604 Johannes Kepler (1572-1630) publica el tratado *Astronomiae Pars Óptica*. Este tratado fue el de mayor importancia sobre óptica previo a Newton, y en él señala que la posición de la imagen respecto a la retina no tiene ningún significado particular. La imagen, pese a estar invertida físicamente, es enderezada por el intelecto. De esta manera se comienzan a eliminar los postulados metafísicos y misteriosos de la visión, para empezar a elaborar teorías científicas y fisiológicas que permitan comprender la relación entre el ojo y el cerebro. Una primera representación gráfica moderna del interior del ojo humano puede verse en la Figura 2.1.

En el siglo XVIII aparecieron los primeros trabajos en los que se estudian los movimientos oculares. En 1738, Jurin propuso la existencia de los movimientos oculares aun cuando los ojos se fijaban en un objetivo pequeño [25], y Darwin en 1786 comprobó empíricamente que los ojos se movían continuamente, incluso cuando estaban aparentemente fijos [10]. En estos y otros trabajos todavía no quedaba claro si los movimientos involuntarios del ojo cumplían alguna función, o si se trataba de meros tics nerviosos.

En el siglo XIX otros estudios atribuyeron a estos movimientos diferentes funciones. En su trabajo de 1804 [57], Troxler argumenta que estos movimientos fijacionales

evitan el desvanecimiento de la imagen en la retina, describiendo cómo las imágenes circundantes a un objeto fijado desaparecen al tiempo que los movimientos decaen. Más tarde, en 1860, Von Helmholtz aseguró que mantener los ojos inmóviles era casi imposible, y que los movimientos involuntarios constituyen una forma de evitar la fatiga de la retina [58].

Ya en el siglo XX, más precisamente a principios de los años cincuenta, un grupo de investigadores lograron la supresión “absoluta” de los movimientos oculares en el laboratorio. Durante esta época, los movimientos oculares fijacionales se comenzaron a clasificar en tres tipos : *microsacádicos* , componente lineal y balística; *deriva*, componente curvo y más lento; y *temblor*, movimiento rápido y de escala menor, superpuesto a la deriva (ver Figura 2.5). Mediante los experimentos de supresión de los movimientos, un grupo de científicos consiguió demostrar que, bajo estas condiciones de inmovilidad, las células fotorreceptoras se adaptaban y la imagen se desvanecía. A finales de los cincuenta, también en condiciones experimentales, un grupo de científicos encontró una primera función de los movimientos microsacádicos. Después de suprimir todo tipo de movimientos en los ojos, generaron movimientos similares a los microsacádicos y pudieron demostrar que éstos reestablecían la percepción [50] [60].

A finales del siglo se encontraron conclusiones contradictorias en cuanto a la función de los microsacádicos. Por ejemplo, el test de Troxler (ver [40], pág. 24) demostró que algunos individuos podían suprimir voluntariamente los movimientos microsacádicos sin perder la visión central y, en 1980, Kowler y Steinmann [32] sostienen que los microsacádicos eran un tic nervioso y no cumplían función alguna en la visión, en oposición al trabajo de Ditchburn [14], quien argumenta que su función es regresar la visión al objetivo, ya que el temblor y la deriva la desenfocan. Cerca de fin del siglo, un grupo de investigadores [43] logró dar por finalizada la discusión. Registrando tanto los movimientos oculares como la actividad eléctrica cerebral en monos entrenados para mantener la visión fija en un punto, demostraron que los movimientos microsacádicos aumentaban la frecuencia de las respuestas neuronales de la corteza visual, mediante el desplazamiento de una barra de luz dentro y fuera del campo perceptivo. De esta forma se reforzó la tesis de la función de estos movimientos en la prevención del desvanecimiento visual y el mantenimiento de la imagen visible.

En este siglo, con mayores tecnologías para el registro de los movimientos oculares y diversas herramientas matemáticas para analizarlos, los trabajos e investigaciones han aumentado considerablemente, así como los campos de aplicación. La definición, la clasificación, y la funcionalidad de los diferentes tipos de movimientos oculares es-

tán avaladas por diversos trabajos científicos (por ejemplo [17], [40], [41], [42], [48] y [51]). En particular, los movimientos oculares han demostrado ser un objeto de estudio sumamente fructífero para las neurociencias. Así lo demuestran las publicaciones que evidencian la relación entre estos movimientos y procesos cognitivos complejos, como la lectura ([21],[20],[31]), y las que muestran que diferentes enfermedades neurodegenerativas producen cambios significativos en la manera en que movemos los ojos ([19],[27],[59]).

2.3. El Sistema Visual

Cuando hablamos del sistema visual, nos referimos a la parte fisiológica que permite la percepción, a la parte neurológica que interpreta dicha percepción y también a la parte psicológica que interviene en la interpretación. A continuación describiremos brevemente el proceso de percepción desde el punto de vista fisiológico.

2.3.1. Fisiología y Proceso de Percepción

El ojo humano es un órgano esférico de 25 milímetros de diámetro en promedio, y está formado principalmente por tres membranas:

- **Esclerótica:** Es una membrana gruesa y resistente que recubre el exterior del ojo. Se la suele llamar “el blanco” del ojo. En la parte frontal contiene la *córnea*, que es transparente y permite el paso de la luz. La principal función de esta membrana es proteger, contener y dar forma al ojo.
- **Coroides:** Esta membrana es un tejido esponjoso que recubre el interior del ojo, situada entre la esclerótica y la retina. Está integrada por vasos sanguíneos y tejido conectivo, que permiten nutrir y suministrar oxígeno a la *retina*. A su vez, al estar constituida por melanina, absorbe la luz impidiendo su reflexión y que las imágenes se perciban borrosas.
- **Retina:** Esta membrana es la más interior del ojo, y recubre la parte posterior del mismo. Está formada por células *pigmentadas*, *neuronas* y *células de sostén*. Las células pigmentadas son las encargadas del metabolismo de los fotorreceptores. Las células neuronales, principalmente *conos* y *bastones*, se encargan de transformar los estímulos lumínicos en impulsos eléctricos que se envían a través del nervio óptico al cerebro. Las de sostén cumplen la función de dar soporte,

sintetizar glucógeno y ceder glucosa a las células nervionas. La *retina* es la membrana donde la luz que entra por la pupila se refleja y se transforma en impulsos eléctricos.

Además de estas membranas, otras partes que conforman el ojo son:

- **Cristalino o lente:** situado entre el *iris* y el *humor vítreo*, es una estructura con forma de lente biconvexa. Su alta concentración de proteínas le confiere un índice de refracción mayor que a los fluidos a su alrededor. Gracias a esto y a la capacidad de cambiar dinámicamente su curvatura y grosor (*proceso de acomodación*), cumple la función de refractar correctamente en la retina los rayos lumínicos. Así logra un buen enfoque para objetos a diferentes distancias.
- **Iris:** Es la membrana circular, coloreada y contráctil del ojo. Se encuentra entre la córnea y el cristalino, y en su centro posee una abertura llamada *pupila*. Posee la capacidad de dilatarse y contraerse mediante los músculos *dilator* y *esfínter* del iris, respectivamente. Su principal función es controlar la cantidad de luz que pasa por la pupila.
- **Pupila:** Es el orificio ubicado en el centro del iris. Los músculos del iris pueden contraer y dilatar esta abertura, y de esta manera controlar la cantidad de luz que pasa a través suyo y por el cristalino hacia la retina. Su diámetro oscila entre 3 y 4,5 milímetros, y en la oscuridad puede llegar a dilatarse hasta 9 milímetros.
- **Humor Vítreo:** Es un líquido transparente y gelatinoso que ocupa cuatro quintas partes del volumen del ojo, entre la parte posterior del cristalino y la retina. Está formado en un 99 % por agua, y 1 % restante es una mezcla de cloro, sodio, potasio, glucosa, ácido hialurónico y proteínas. Su función principal es darle forma al ojo y uniformar la superficie de la retina para una buena recepción de la luz.
- **Mácula:** Es una mancha pequeña y amarilla situada en la retina, en la parte posterior del ojo. De las dos clases de células neuronales fotorreceptoras que integran la retina, la mácula está formada exclusivamente por *conos*, y a su vez tiene menor grosor que el resto de la retina. Su función es la percepción del color y de los detalles en la visión, y es de vital importancia para leer y reconocer rostros.

- **Fóvea** o *Fovea*: Se encuentra en el centro de la mácula. Está formada exclusivamente por conos y está especializada para la agudeza visual máxima. Un grupo de músculos oculares llevan a los ojos a la posición en que concentren los estímulos lumínicos en ella. Es el punto de mayor nitidez visual del ojo.
- **Nervio Óptico**: Se origina en la retina de cada ojo y es el encargado de transmitir la información visual hacia el cerebro en forma de impulsos eléctricos.

Las partes del ojo descritas pueden verse en la Figura 2.2

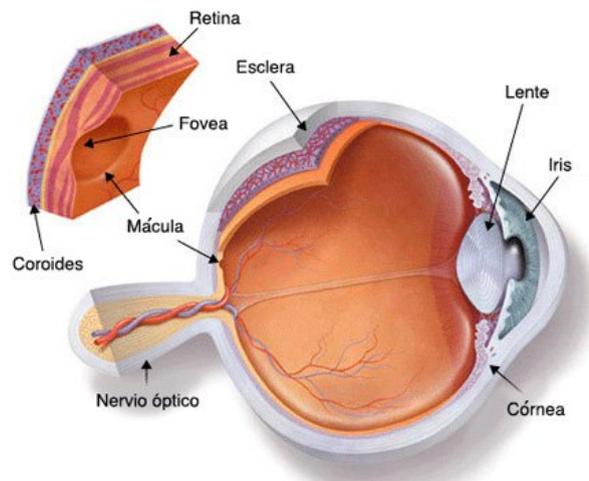


Figura 2.2: Partes principales del ojo humano.

Para lograr dirigir la vista hacia determinado objeto, los ojos cuentan con músculos encargados de su movimiento. Los músculos son seis: *recto superior*, *recto inferior*, *recto medial* o *interno*, *recto lateral* o *externo*, *oblicuo superior* o *mayor* y *oblicuo inferior* o *menor*. Las posiciones de estos músculos pueden verse en la Figura 2.3.

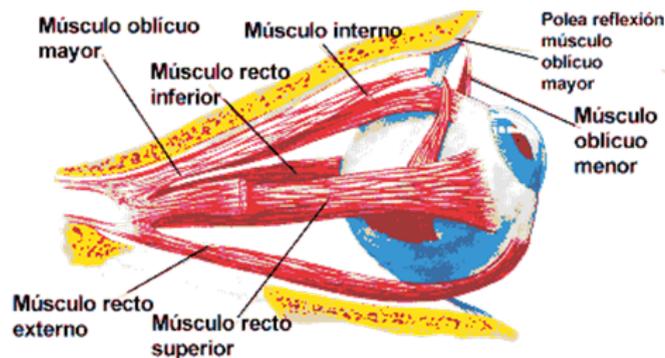


Figura 2.3: Músculos principales del ojo humano.

El proceso de percepción comienza en el ojo. Éste capta los estímulos lumínicos que atraviesan la pupila y luego pasan por el cristalino que los enfoca en la retina. Una vez allí, las neuronas fotorreceptoras transforman estos estímulos en impulsos eléctricos que viajan por el nervio óptico hasta el cerebro, donde se interpretan.

2.3.2. El Cerebro

El cerebro humano, siendo sumamente simplistas, está formado por dos hemisferios (izquierdo y derecho) divididos en su superficie por una fisura longitudinal y conectados en el interior por un haz de axones (llamado cuerpo calloso). La parte externa, formada por un manto arrugado de agrupaciones neuronales, es el llamado *córtex* (o *corteza*) cerebral. En la parte interna encontramos el *tálamo*, los *núcleos basales*, el *hipotálamo*, el *hipocampo* y la *amígdala*. El tálamo es una especie de centro de control y distribución que recibe información sensorial (visión, oído y sensaciones somáticas) y motora que luego envía a la zona correspondiente del córtex. El córtex cerebral es la parte más grande del cerebro humano, y es la parte que proporcionalmente aumentó más en el proceso evolutivo. Está dividido en cuatro lóbulos según su posición relativa: frontal, parietal, occipital y temporal; en tanto que, por su función, está dividido en varias áreas. A cada uno de los sentidos (vista, oído, gusto, olfato y tacto) le corresponde un área distinta en la corteza. La zona sensitiva primaria es aquella donde se recibe la información procedente del tálamo y se realiza la primera etapa de procesamiento, en tanto que las áreas de asociación son aquéllas en donde se lleva a cabo la parte más compleja del procesamiento, cuando intervienen la experiencia, el razonamiento, la identidad, la toma de decisiones, etc.

El nervio óptico, que como dijimos comienza en la retina del ojo, tiene un entrecruzamiento llamado *quiasma*, para luego desembocar en el *núcleo geniculado lateral* (NGL) que forma parte del *tálamo*. El NGL es el centro de procesamiento primario de la información visual y se interconecta con la *corteza visual primaria* en la parte posterior del cerebro (lóbulos occipitales).

Un esquema sintético del proceso de visión se puede ver en la Figura 2.4.

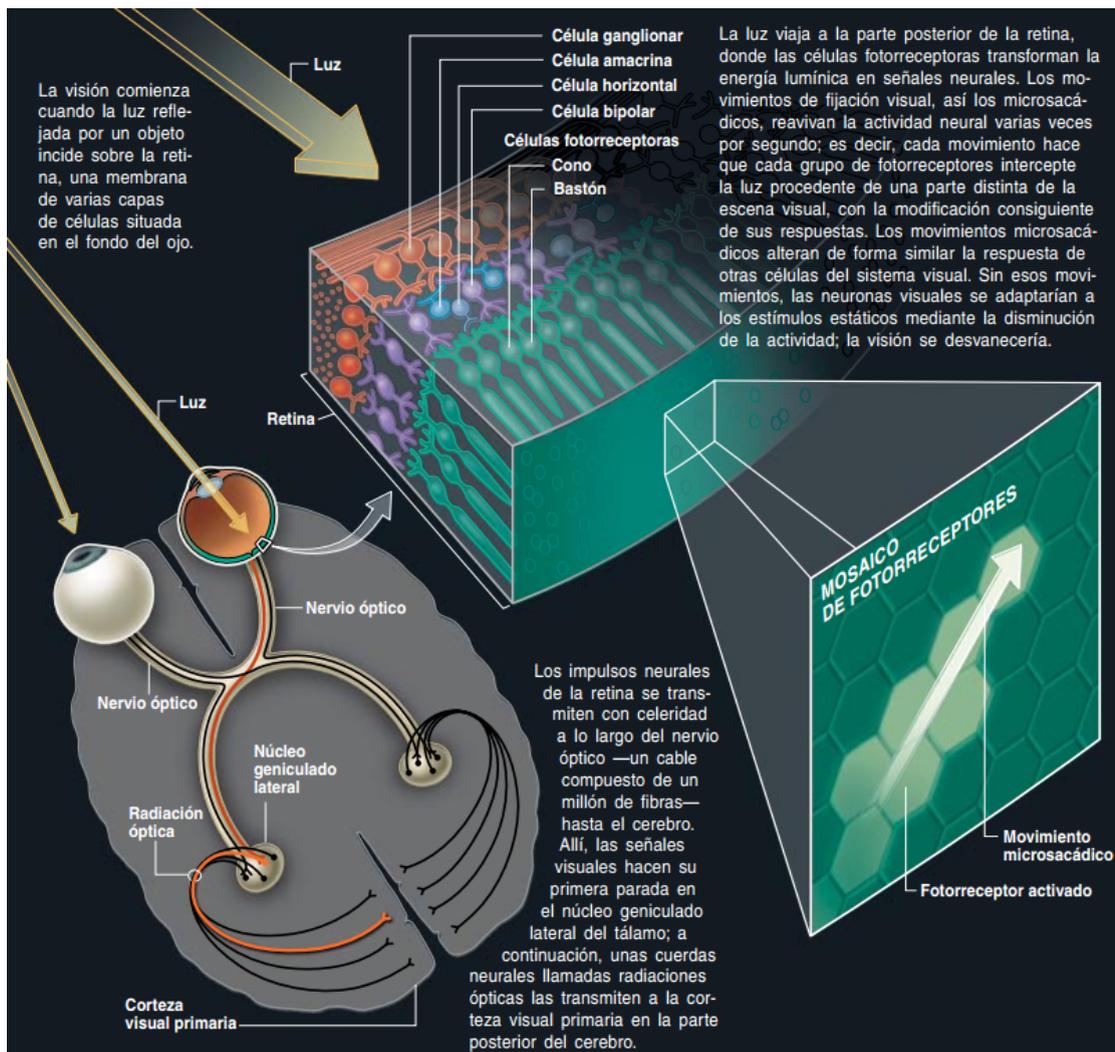


Figura 2.4: Esquema sintético del proceso de visión humano [40].

2.4. Clasificación y Registro de los Movimientos Oculares

Nuestros ojos están en constante movimiento, tanto para dirigir la mirada hacia un lugar en particular o mientras observamos un punto fijo. Ya sea observando imágenes o durante la lectura, nuestros ojos nunca están quietos. La primera gran distinción que hacemos entre los movimientos del ojo la conforman los *movimientos sacádicos* y las *fijaciones*.

Los movimientos sacádicos son los movimientos que se encargan de mover los ojos rápidamente para fijar la mirada en un lugar determinado. Son movimientos rápidos y voluntarios para enfocar lo que se quiere observar sobre la fovea.

Las fijaciones se dan entre los sacádicos (o sacadas), y se producen mientras la mirada se encuentra “fija” en un punto. Por ejemplo, durante la lectura los ojos no se sitúan sobre todas las letras, ni siquiera sobre cada una de las palabras. Los movimientos oculares se alternan entre sacadas y fijaciones a medida que se avanza sobre la lectura de las oraciones. Diferentes trabajos han establecido que las fijaciones, durante experimentos de lectura, son sensibles a los atributos de la palabra fijada, la palabra anterior y la palabra siguiente, así como a los tipos de oración y a las condiciones de los sujetos. Estos efectos serán detallados en el Capítulo 3.

En las fijaciones, se producen los movimientos *fijacionales*, que se clasifican según su naturaleza en tres tipos:

- *Deriva*: Es un conjunto de movimientos lentos y erráticos que no siguen un patrón lineal, sino más bien ondulado. Se producen en los intervalos entre los movimientos microsacádicos.
- *Temblor*: Estos son los movimientos de menor tamaño. Consisten, como lo indica la palabra con la que se los designa, en una oscilación del ojo cuyo desplazamiento no es mayor que el tamaño de una de sus células fotorreceptoras. Suelen estar superpuestos a la deriva.
- *Microsacádicos*: Estos son movimientos binoculares, y de mayor importancia dentro de los movimientos fijacionales. Son movimientos rápidos y lineales, y cuando se producen arrastran la imagen visual por decenas o hasta centenares de células fotorreceptoras.



Figura 2.5: Esquema de los movimientos fijacionales [40].

2.4.1. Registro de los Movimientos Oculares

Para estudiar los movimientos oculares es preciso registrarlos. En la actualidad, la mayoría de los experimentos utilizan *Video-based eye trackers* (o *rastreadores basados*

en video). Estos dispositivos emiten una luz infrarroja que se reflejan en los ojos, y estas reflexiones son captadas por las cámaras de seguimiento ocular. Mediante cálculos y filtrados, estos dispositivos consiguen determinar la posición en la que está fijada la vista en cada momento, con una frecuencia de muestreo de hasta 1000 Hz y una precisión de 0,01 grados sexagesimales.

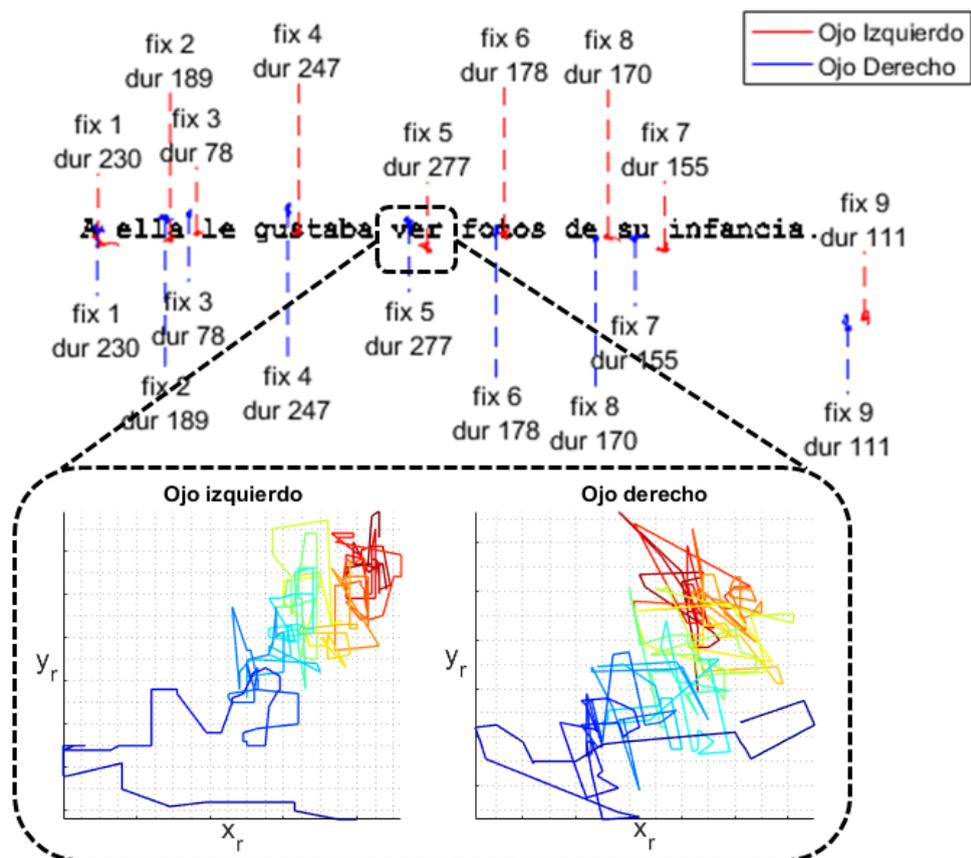


Figura 2.6: Fijaciones en un experimento de lectura. La fijación número 5 está resaltada y aumentada para apreciar los registros obtenidos por el Eye Tracker durante dicha fijación. La temporalidad está dada por el color, comienza en azul y termina en rojo.

A su vez, los dispositivos guardan la información de la posición ocular en cada momento del registro según un eje vertical y otro horizontal, de manera que lo que se obtiene al utilizarlos es la información bidimensional de la posición de cada ojo, cada cierto periodo de tiempo.

En este trabajo utilizaremos las letras x_l , y_l , x_r e y_r para referirnos a la posición horizontal y vertical del ojo izquierdo y a la horizontal y vertical del ojo derecho, respectivamente. Los datos obtenidos a partir de una fijación durante un experimento de lectura pueden apreciarse en la Figura 2.6.

En la literatura científica los microsacádicos han ocupado un papel preponderan-

te en los últimos años. Dedicaremos el siguiente apartado a resumir los principales resultados obtenidos y detallar los métodos de detección.

2.5. Movimientos Microsacádicos

Más allá de la polémica y de los resultados contradictorios en torno a su identificación y función, en los últimos 20 años diversos trabajos han arrojado evidencia de que los movimientos microsacádicos (MS) ocupan un rol preponderante en la visión.

Por ejemplo, en [40], se describen los avances y contradicciones en el estudio y la definición de los MS, y se concluye que éstos contribuyen a la visión periférica. En [41] se enumeran los últimos resultados concernientes a la relación entre los MS y la neurobiología, así como también la relación entre procesos cognitivos y la generación de los movimientos MS. En [42] se establecen los cimientos hacia una teoría unificada en torno a la función de los MS en neurociencias. En [20], se concluye que el ritmo con el que se producen los MS durante la lectura se ve afectado por los tipos de oraciones y las características de las palabras en ellas.

En cuanto a la detección de dichos movimientos, en [15] y [16] se utiliza un método basado en la naturaleza balística de los MS mediante un algoritmo con umbral de velocidad, y en ambos se les atribuye la función de contrarrestar el desvanecimiento de la percepción, que se produce por el acostumbamiento de la retina a una imagen en reposo.

Por otra parte, en [3] y [4] se propone un método de detección independiente de la escala en el que explota la naturaleza balística de los MS sin utilizar la velocidad, y se implementa un método de caracterización de su forma.

En los últimos años se han puesto en práctica diversos métodos para detectar diferentes movimientos fijacionales. Algunos de éstos se basan en *machine learning* o *aprendizaje supervisado*, como el método de los K vecinos más cercanos utilizado en [55], por ejemplo; otros son de naturaleza estadística, como el modelo *self-avoiding random walk*, utilizado en [17]; y otros se basan en detectar los instantes en los que se producen los cambios abruptos en la posición del ojo. En las próximas dos subsecciones detallaremos los métodos propuestos en [15] y en [3], y que son los que utilizaremos en la detección de MS durante la lectura.

2.5.1. Detección con Umbral de Velocidad

Como dijimos anteriormente, un MS es un movimiento rápido y casi lineal, y los algoritmos que utilizan umbral de velocidad explotan esta característica de rapidez, enfocándose en detectar los momentos en los que la velocidad supera un cierto umbral. Este umbral se determina utilizando la media y el desvío estándar de la velocidad del movimiento.

Para esto, se calcula la velocidad V de la señal del movimiento ocular, mediante un promedio móvil dado por la fórmula

$$V_p(i) = \frac{\sum_{k=1}^n p_{i+k} - p_{i-k}}{n(n+1)\Delta t}, \text{ para } i = n+1, n+2, \dots, N-n, \quad (2.1)$$

donde $p = (p_1, p_2, \dots, p_{N-1}, p_N)$ es el vector de posición (horizontal o vertical), N es la cantidad de muestras del vector posición, Δt es la frecuencia de muestreo, y n es la cantidad de muestras previas y posteriores que se toman para hacer el promedio. Por lo general se utiliza $n = 2$ o $n = 3$.

La velocidad se calcula para los vectores de posición tanto horizontal como vertical, y así se obtienen las velocidades V_x y V_y correspondientes a los movimientos horizontal y vertical.

Una vez que se obtienen las velocidades, se calcula la media $m_{x,y}$ y el desvío $\sigma_{x,y}$ de cada velocidad, y se considera un movimiento MS a las partes del movimiento en las cuales la velocidad cumpla que

$$\frac{(V_x(i) - m_x)^2}{(\lambda \cdot \sigma_x)^2} + \frac{(V_y(i) - m_y)^2}{(\lambda \cdot \sigma_y)^2} > 1, \quad (2.2)$$

donde el valor de λ mide cuánto se aleja la velocidad de la velocidad media. La ecuación (2.2) se interpreta como un umbral elíptico de la velocidad, y los intervalos de tiempo en los que la velocidad se encuentra por fuera de esa elipse se consideran correspondientes a MS monoculares. Una vez obtenidos los MS de cada ojo, se descartan los que no correspondan a eventos binoculares. El criterio de binocularidad puede verse en [15].

El valor de λ se determina por ensayo y error, y diferentes trabajos han utilizado diferentes valores. En experimentos de fijación sin lectura se ha utilizado el valor $\lambda = 5$ [16] o $\lambda = 6$ [15], y en experimentos de fijación durante la lectura se utilizó un valor de $\lambda = 1$ [20] (en el Capítulo 3, Sección 3.4.2 se detalla cómo se obtiene el valor de λ en el presente trabajo). En la Figura 2.7 se pueden observar los movimientos oculares

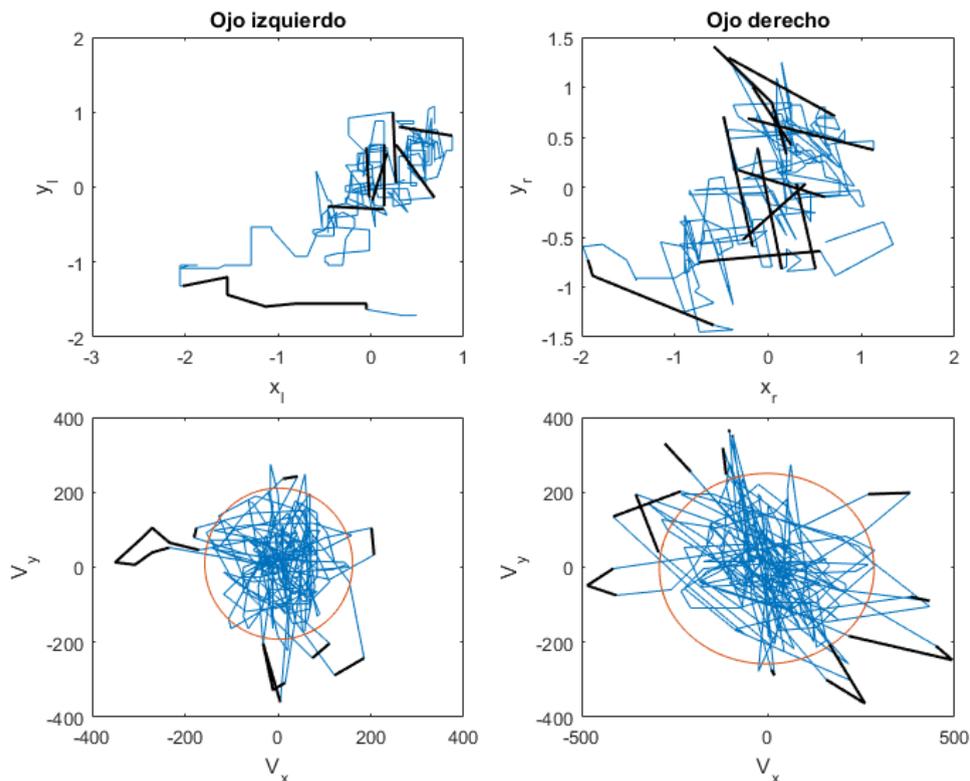


Figura 2.7: Arriba: Posiciones horizontal y vertical de una fijación durante lectura, para cada ojo. Abajo: Las velocidades horizontal y vertical. En rojo las elipses umbrales de velocidad. En negro las porciones de movimiento que corresponden a los MS. El valor de λ elegido es 2.

bidimensionales, las velocidades, la elipse umbral y los MS detectados.

Ventajas y desventajas del método con umbral de velocidad

La ventaja de este método es que permite obtener *todos* los puntos donde la señal supera el umbral de velocidad, por lo que no se pierde información sobre el tiempo de duración del movimiento MS.

Por otro lado, este método demanda la determinación de λ , que como se describió anteriormente, varía según los datos o el experimento realizado, y se suele hacer por ensayo y error. También, este método requiere calcular la media y el desvío para cada señal de movimiento en cada fijación, es decir, el umbral para determinar si un movimiento es o no un MS es *dependiente* de cada señal de movimiento, lo cual es una desventaja. Además, este método demanda que se fije a priori una *duración mínima* para considerar un movimiento como MS, ya que un evento que dure 1 milisegundo (dos muestras) puede no ser un MS, y esa duración mínima que se define a priori no está

determinada independientemente de los datos, pudiéndose encontrar en la bibliografía trabajos con diferentes valores (ver Capítulo 3).

2.5.2. Detección con Líneas de Módulo Máximo

La detección de MS mediante las LMM (ver Capítulo 1) explota la naturaleza balística de estos movimientos, pero sin calcular la velocidad. Este modelo parte de considerar que un MS es un cambio abrupto en la posición, y por ende se asemeja a una singularidad (o salto). Las singularidades o saltos se pueden encontrar en señales artificiales, pero en señales provenientes del mundo físico (como las del movimiento) no es posible ya que estos saltos demandarían una aceleración infinita. Sin embargo, sí es posible hallar versiones suavizadas de singularidades en señales de movimientos oculares, siempre que éstas cuenten con la suficiente velocidad, y es esta característica la que se explota en la detección mediante las LMM.

Este modelo conlleva el cálculo de la TWC de las señales de movimiento de cada ojo, eligiendo una madre wavelet adecuada, para luego rastrear las LMM en el módulo de las transformadas.

En [3] y [4], se normalizan las señales de movimientos, por medio de las fórmulas,

$$\tilde{x} = \frac{x - \mu_x}{\sigma_x}$$

$$\tilde{y} = \frac{y - \mu_y}{\sigma_y}$$

donde μ_x , σ_x son la media y el desvío estándar de la posición horizontal, y μ_y , σ_y son la media y el desvío estándar de la posición vertical, respectivamente. Esto se hace para cada ojo, de donde se obtienen las señales normalizadas \tilde{x}_l , \tilde{y}_l , \tilde{x}_r y \tilde{y}_r , que corresponden a la señal horizontal y la vertical del ojo izquierdo, y a la señal horizontal y la vertical del ojo derecho, respectivamente.

Luego se transforman las señales de posición en señales complejas, mediante las fórmulas

$$s_l = \tilde{x}_l + i \tilde{y}_l$$

$$s_r = \tilde{x}_r + i \tilde{y}_r$$

donde i es la unidad compleja. Después se calcula la TWC compleja de la señal utili-

zando la wavelet de *Morlet* compleja que se define como

$$\psi(t) = e^{i\omega_0 t} e^{-t^2/2}. \quad (2.3)$$

donde ω_0 se denomina *frecuencia central*.

La función dada por (2.3), es una exponencial compleja modulada por una gaussiana, por lo que no es una wavelet en el sentido estricto, ya que no cumple la condición de admisibilidad de tener el primer momento nulo. Pero eligiendo el parámetro ω_0 lo suficientemente grande, se consigue que $\hat{\psi}(0) \approx 0$, y que se verifique así la condición de admisibilidad, por lo que se la conoce como una *pseudo-wavelet*. En esos trabajos se elige $\omega_0 = \pi\sqrt{2/\ln(2)} \approx 5,3364$.

Una vez obtenida la TWC de la señal compleja de movimiento, se calcula su módulo y se rastrean en él las LMM. En la Figura 2.8 se pueden observar los resultados obtenidos en [3] al aplicar el método de detección a señales de movimientos oculares en un experimento de fijación sin lectura.

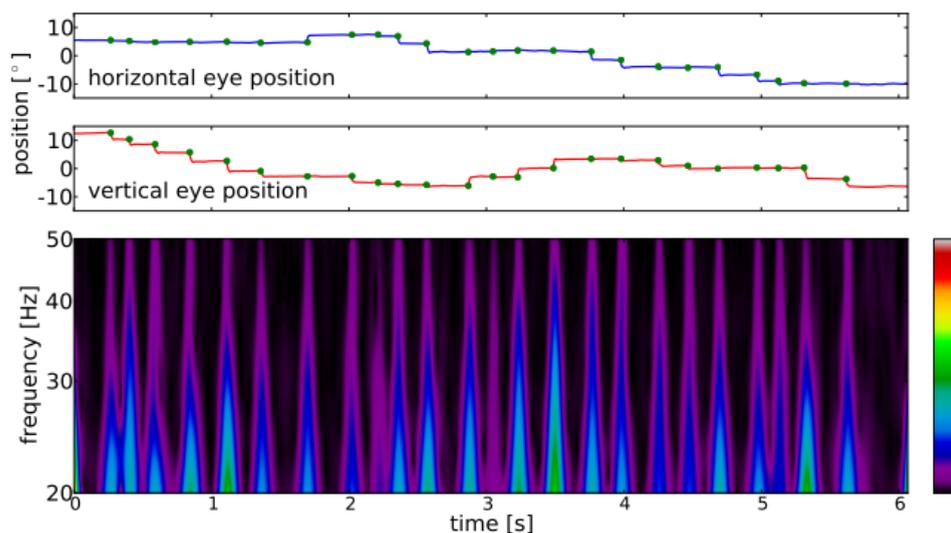


Figura 2.8: Arriba: Posición horizontal de un ojo. Centro: Posición vertical de un ojo. Abajo: Módulo de la TW de la señal compleja $s = x + iy$. Los puntos verdes corresponden a los MS identificados por las LMM (pág. 55, [3]).

Ventajas y desventajas del método con LMM

La ventaja de este método es que la detección no demanda el cálculo de parámetros que *dependan* de las señales de movimiento, ni de la escala que se tome, ya que utiliza la

misma madre wavelet aplicada a todos los movimientos para rastrear las singularidades siguiendo las LMM en el plano tiempo-escala de la descomposición wavelet.

Por otro lado, según este método, un MS se da alrededor de un punto donde se encuentra una singularidad de la señal. Ahora, como una singularidad es un cambio abrupto en el movimiento entre dos instantes, no tenemos información sobre la duración de ese evento. Así, la detección mediante las LMM demanda que se fije a priori un *tiempo promedio* de duración de un MS, para que si en el instante τ se produce una singularidad (hay una LMM), el MS se considerará de duración $[\tau - \bar{t}, \tau + \bar{t}]$, donde $2\bar{t}$ es el tiempo promedio que se fije. En [3], por ejemplo, se fija $\bar{t} = 15$ milisegundos. La desventaja de fijar un tiempo promedio de duración a priori es que pueden darse MS que duren menos y otros que duren más, pero esa información se pierde al fijar la duración de antemano.

Capítulo 3

Aportes

En el presente capítulo aplicaremos los métodos de detección de movimientos microsacádicos (MS), descritos en el Capítulo 2 a señales de movimientos oculares obtenidos durante un experimento de lectura. Previamente, describiremos el experimento realizado: las características de los sujetos participantes, el corpus de oraciones utilizado y las características de las palabras en ellas, el equipo usado para el registro de los movimientos y el procedimiento. Luego, aplicaremos ambos métodos de detección para extraer los MS. Finalmente, estudiaremos si las características tanto de los sujetos como de las oraciones tienen impacto sobre diversas cualidades de los MS.

3.1. Introducción

Como dijimos anteriormente, el proceso de visión es sumamente complejo. Desde lo fisiológico y neurológico, éste demanda el funcionamiento sincrónico de varios mecanismos: desde el sistema oculomotor que debe mover los ojos para enfocar correctamente en la retina lo observado, pasando por las células fotorreceptoras que transforman los estímulos lumínicos en impulsos eléctricos que pasan por el nervio óptico hacia el tálamo, hasta llegar a la corteza visual en la región occipital, donde se interpreta la imagen enfocada. La lectura, además de involucrar todos los mecanismos anteriores, demanda que entren en juego recursos como la memoria a corto y a largo plazo, el lenguaje, la atención y el razonamiento. Estos últimos, son sensibles al envejecimiento y a las enfermedades neurodegenerativas.

Analizar si diferentes tipos de oraciones o diversos atributos de las palabras en ellas, o si el envejecimiento o las enfermedades neurodegenerativas, modifican la forma en que movemos los ojos al leer, es una herramienta sumamente útil y no invasiva de

tener acceso a los procesos cognitivos llevados a cabo en el interior del cerebro, como puede verse en [19],[20],[21],[31]. Es por esto que el análisis de los movimientos oculares reviste tal importancia.

3.2. Experimento de Lectura

3.2.1. Participantes

En el experimento participaron dos grupos de adultos sanos con educación similar: el grupo de *adultos mayores* (AM) y el grupo de *adultos jóvenes* (AJ). También participó un grupo de adultos con deterioro cognitivo incipiente (AMDCI). El diagnóstico de los participantes del grupo AMDCI se basó en el criterio para demencia descrito en el Manual de Diagnóstico y Estadísticas de Desórdenes Mentales (DSM-IV) [2], y se realizó en el Hospital Municipal de Bahía Blanca, Bahía Blanca, Argentina.

El grupo AM está conformado por 40 participantes de edad promedio 71 años (SD=6.1 años), con un promedio de educación de 15.1 años. El grupo AJ lo integran 40 participantes de edad promedio 28 años (SD=4.2 años) y un promedio de educación de 18.2 años. En el grupo AMDCI se encuentran 12 participantes, de edad promedio 69 años (SD=7.3 años), y un promedio de educación de 15.2 años.

Un análisis ANOVA no mostró diferencias significativas en la edad promedio de los grupos AM y AMDCI, ni en los años promedio de educación.

3.2.2. Corpus de Oraciones

El corpus de oraciones utilizado en el experimento de lectura está formado por 184 oraciones (1422 palabras), y las oraciones se dividen en tres grupos:

- a) 84 *proverbios* (por ejemplo, “Quien mucho abarca poco aprieta.”).
- b) 45 de *alta predictibilidad*, que son oraciones con regularidades semánticas bien definidas (por ejemplo, “En Alaska las temperaturas son muy bajas.”).
- c) 75 de *baja predictibilidad* (por ejemplo, “Javier tiene amigos que son muy raros.”).

Las oraciones tienen entre 5 y 14 palabras, con un promedio de 7.3 (SD=1.9) para los proverbios, 7.6 (SD=1.5) para las oraciones de alta predictibilidad, y 8.1 (SD=1.4) para las oraciones de baja predictibilidad. Cada palabra del CORPUS de oraciones está caracterizada por su *largo*, *frecuencia* y *predictibilidad*, que definimos a continuación:

Largo de las palabras

El largo de cada palabra es la cantidad de caracteres que la conforman. Las palabras tienen entre 1 y 14 letras, con un promedio de 4.0, 4.1 y 4.6 (SD=2.0, 2.3 y 2.5) para los proverbios, las oraciones de alta predictibilidad y las oraciones de baja predictibilidad, respectivamente.

Frecuencia de las palabras

La frecuencia de cada una de las palabras de las oraciones, que notaremos *frec*, se asignó mediante “LEXESP: Léxico informatizado del español” [53], y tiene valores entre 1 y 264721 por millón. Trabajamos con $wfr \log(frec)$. El promedio de *wfr* es de 3.47, 3.45 y 3.41 (SD=1.36, 1.51 y 1.38) para los proverbios, las oraciones de alta predictibilidad y las oraciones de baja predictibilidad, respectivamente. Un análisis ANOVA no mostró diferencias significativas entre la *wfr* de las palabras en los tipos de oraciones.

Predictibilidad de las palabras

La predictibilidad de las palabras se define como la probabilidad de predecir una palabra dadas las palabras que la preceden en una oración [56], y se realiza mediante un procedimiento denominado “Cloze Task”. Una definición general de este tipo de procedimiento y algunos resultados concernientes a su medición y estudio pueden verse en [5], y básicamente consiste en que los participantes anticipen la palabra siguiente dadas las anteriores.

La predictibilidad de las palabras en las oraciones utilizadas en este trabajo fue realizada por G. Fernández mediante un experimento independiente al de lectura, y su descripción completa puede verse en [18]. En el experimento participaron 23 personas, graduadas o estudiantes de grado de la Universidad Nacional del Sur, todos hablantes nativos de español. Las edades de los participantes fueron de 25 hasta 40 años, y no participaron del experimento de lectura. Los antecedentes académicos de los participantes de este experimento y los participantes del experimento de lectura son similares.

Los participantes comenzaban adivinando la primera palabra, que introducían mediante el teclado, de una oración desconocida. Después, la computadora mostraba la palabra correcta en la pantalla, y los participantes debían predecir la segunda, también ingresándola mediante el teclado. Si la respuesta era correcta, la palabra se mantenía en la pantalla. El procedimiento se repetía hasta finalizar la oración. Las oraciones se mostraban en forma aleatoria para cada participante. Luego se computaban las res-

puestas correctas sobre el total de respuestas, por la que la predictibilidad varía entre 0 y 1. Dado que por lo general la predictibilidad se acumulan cerca de 0, se utiliza la transformación $wpr = \text{logit}(\text{predictibilidad}) = 0,5 \ln\left(\frac{p}{1-p}\right)$, y se define $\text{logit}(0) = \frac{1}{2*N_p}$ y $\text{logit}(1) = \frac{2*N_p-1}{2*N_p}$, donde N_p es el número de participantes. La media de wpr es de 0.62, 0.27 y -0.62, para los proverbios, las oraciones de alta predictibilidad y las de baja predictibilidad, respectivamente.

La wpr permite determinar una palabra en particular en todas la oraciones, llamada *maxjumpword* o *palabra de mayor salto* (MJW). Es la palabra a partir de la cual se puede “adivinar” el resto de las palabras en la oración, y es en donde se da el mayor salto en la wpr entre dos palabras consecutivas, y se calcula siguiendo la fórmula:

$$MJW = \max[wpr_{i+1} - wpr_i],$$

donde wpr_i es la wpr de la palabra i en la oración. El efecto contextual de la predictibilidad debido a la recuperación de la memoria fue probado con la variable MJW en diversos trabajos([20],[21],[31]). La MJW divide cada oración en tres partes, *antes del maxjump*, *durante el maxjump* y *después del maxjump*. Los trabajos citados anteriormente muestran evidencia de que durante la lectura los movimientos oculares funcionan de manera diferente en cada una de esas partes. En la Figura 3.1 se pueden ver dos oraciones del experimento, las características de algunas palabras en ellas, y la MJW.

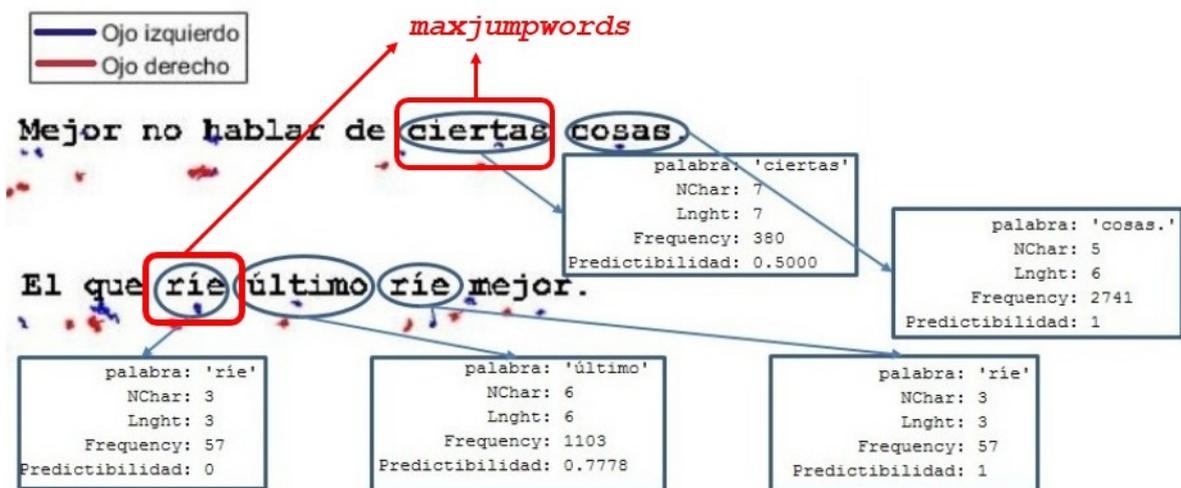


Figura 3.1: Características de las palabras en las oraciones. En rojo la MJW en cada oración.

Un listado completo de las oraciones que conforman el corpus utilizado, así como las características de las palabras en ellas, puede verse en el Apéndice A al final de esta

tesis.

La correlación entre el largo, la wfr y la wpr de la palabras en el Corpus utilizado en este trabajo se pueden ver en Capítulo 9 de [18], y se describen brevemente a continuación:

- **Largo y wfr:** Se correlacionan negativamente entre sí ($R = -0,81$, $P < 0,0001$). Las palabras más cortas son las más frecuentes.
- **Largo y wpr:** Se correlacionan negativamente entre sí ($R = -0,38$, $P < 0,0001$). Las palabras más largas son las menos predecibles.
- **wfr y wpr:** Se correlacionan positivamente entre sí ($R = 0,37$, $P < 0,0001$). Cuanto más frecuente es la palabra, más predecible.

3.2.3. Registro de los Datos

Los datos que utilizamos en este trabajo fueron registrados con un *eye-tracker* Eye-Link 1000 Desktop Mount (SR Research), con una frecuencia de muestreo de 1000 Hz y una resolución de 20" arc. Los participantes fueron colocados a 60 cm de un Monitor LCD de 20 pulgadas (1024x769 pixeles) donde se presentaban las oraciones (fuente regular New Courier de 12 puntos). Los movimientos fueron minimizados utilizando un descanso para el mentón donde los participantes podían apoyarlo. La fijación de los sujetos se calibró con una cuadrícula estándar de 13 puntos para ambos ojos.



Figura 3.2: Imagen del experimento realizado.

Luego de validar la calibración, aparecía un punto rojo en el lugar donde se presentaría la primer letra de la oración, y una vez que ambos ojos fijaran la mirada en

el punto con un radio menor a 1 grado, se mostraba la oración. Luego de leerla en silencio, los participantes debían fijar la mirada en punto en la esquina inferior derecha del monitor para finalizar el ensayo. Para comprobar la atención de los participantes, en el 20 % de los registros aparecía en la pantalla una pregunta sobre la oración leída y, para responder, los sujetos debían seleccionar con el ratón una de las tres opciones disponibles. Luego de finalizar un registro, uno nuevo comenzaba con el punto donde iniciaría la próxima oración. Si no se detectaba la mirada en dicho punto en 2 segundos, se recalibraba la fijación. Todos los registros fueron binoculares, y los parpadeos fueron suprimidos. En la Figura 3.2 se puede ver una imagen del experimento realizado.

3.3. Efectos de las Palabras en la Lectura

El presente trabajo se centra en el estudio de los movimientos MS, y éstos se producen durante las fijaciones. Teniendo en cuenta que las características de las palabras en las oraciones impactan sobre la duración de las fijaciones durante la lectura, es necesario describir estos efectos. En los párrafos siguientes nos referiremos a palabra N como la palabra fijada, N-1 a la palabra inmediata anterior a la fijada y N+1 a la palabra inmediata posterior a la palabra fijada. Los efectos de las características de la palabra N, N-1 y N+1 sobre la duración de la fijación en la palabra N se llaman *efectos de inmediatección*, *efectos retrasados* y *efectos sucesores*, respectivamente. Las características de las palabras son el largo, la wpr y la wfr.

3.3.1. Efectos de Inmediatección

En [29], con un CORPUS de oraciones en alemán, determinaron que la wpr y la wfr se correlacionan negativamente con la duración de la fijación, y que el largo se correlaciona positivamente con ella. Es decir, mientras menos predecible y frecuente la palabra N, mayor la duración de la fijación, y cuanto más larga la palabra, mayor la duración. A su vez encontraron que en las palabras cortas, predecibles y frecuentes presentan menor cantidad de fijaciones y refijaciones; en contraposición, sobre las palabras muy largas, poco predecibles y poco frecuentes, la cantidad de fijaciones es mayor.

Estos mismos efectos correlativos del largo, la wpr y la wfr se describen en [18] utilizando el mismo CORPUS de oraciones que el presente trabajo.

3.3.2. Efectos Retrasados

En trabajos previos a [31], los efectos que el largo, la wpr y la wfr de la palabra N-1 tienen sobre la duración de la fijación en la palabra N se suelen atribuir a dos causas: límites en la agudeza visual (rango perceptivo) y dificultad en el procesamiento de la palabra N-1.

Efectos retrasados debido al rango perceptivo

El supuesto de este efecto se basa en que la búsqueda parafoveal de las palabras entrantes impacta sobre la lectura en general. Diferentes trabajos establecen que el rango perceptivo de la visión parafoveal se extiende hasta 14 caracteres en la dirección de la lectura ([44] y [49]). De esta manera, si la palabra N-1 es larga, la fijación sobre ésta no permitirá obtener información parafoveal de la palabra N, y las características de la palabra N-1 no afectarán tanto la duración de la fijación sobre la palabra N. Si, por otro lado, la palabra N-1 es corta, la información parafoveal de la palabra N estará disponible durante la fijación N-1, y durante el procesamiento de la N-1 entrará en juego esa información, afectando la duración de la fijación N. Así, el largo de la palabra N-1 afecta la duración de la fijación N.

Hipótesis de la búsqueda foveal

Esta propuesta puede verse en [24], donde se sostiene que el rango perceptivo decrece si la palabra N-1 es difícil de procesar. En [31] se muestra que una palabra de baja frecuencia N-1 atrae sobre sí misma el foco de atención durante su fijación. Esto reduce el beneficio de la previsión de la palabra N. Así, una palabra de baja frecuencia N-1 debe ser seguida por una fijación más larga en la palabra N, y el efecto de la wfr de la palabra N debería ser más fuerte si la frecuencia de la palabra N-1 es más baja, porque hay menos procesamiento parafoveal.

En [18] se muestra evidencia de que ambos efectos sucesores están presentes durante la lectura.

3.3.3. Efectos Sucesores

Los efectos que los atributos de la palabra N+1 ejercen sobre la fijación de la palabra N también se discriminan en dos tipos.

Efectos sucesores debido al rango perceptivo

Debido al rango perceptivo de 14 caracteres, algunas características de la palabra $N+1$ están disponibles durante la fijación de la palabra N . En [28] se reporta un efecto de la frecuencia de palabras cortas $N+1$ en la lectura, y se lo atribuye a un procesamiento léxico paralelo, siempre que las palabras parafoveales se encuentren dentro del rango perceptivo.

Hipótesis de la búsqueda foveal

La hipótesis de [24] también se aplica a los efectos que puedan ejercer las propiedades de la palabra $N+1$ sobre la duración de la fijación en la palabra N .

En [18] no se muestra evidencia de que el largo y la wfr de la palabra $N+1$ ejerzan influencia sobre la duración de la fijación sobre la palabra N , pero sí se reporta un efecto significativo de la wpr $N+1$ sobre la duración N . En dicho trabajo se muestra que las palabras $N+1$ con alta wpr aumentan la duración de la fijación en la palabra N , en concordancia con [30]. En el último de estos trabajos se atribuye este efecto (contradictorio con la expectativa de que mientras más predecible la palabra, menor duración de la fijación) a la *memoria aportadora* (o *retrieval memory*).

3.4. Análisis de los Datos

Si bien todos los participantes leyeron todas las oraciones, la base de datos se depuró descartando los datos de sujetos con imprecisiones en el registro, así como las lecturas con imprecisiones en los datos.

Teniendo ésto en cuenta, finalmente utilizamos los datos de 18 sujetos del grupo AJ, 18 sujetos del grupo AM, y 5 sujetos de grupo AMDCI, y un total de 3385, 2569 y 405 registros de lecturas en cada grupo, respectivamente.

3.4.1. Tipos de Fijaciones Durante la Lectura

Para analizar los MS, en primer lugar se detectaron las fijaciones sobre las lecturas, y estas fijaciones se clasificaron en cuatro tipos: fijaciones iniciales, de primera pasada, refijaciones y finales. A continuación describimos cada tipo de fijación.

- *Fijaciones iniciales*: Por como se llevó a cabo el experimento, hay fijaciones al

principio de la lectura que no están sobre ninguna palabra, sino sobre el punto que debían fijar antes de comenzar a leer. Estas son las fijaciones iniciales.

- *Fijaciones de primera pasada:* Las fijaciones de primera pasada son las fijaciones que siguen la dirección de la lectura, es decir que no vuelven sobre lo ya leído. Las notaremos como PP.
- *Refijaciones:* Estas son fijaciones que van en contra de la dirección de la lectura, que vuelven a fijar la mirada sobre una palabra por la que ya pasó la vista. Las notaremos RF.
- *Fijaciones finales:* Dado que al finalizar la lectura se debía fijar la vista en un punto sobre la esquina inferior derecha de la pantalla, estas fijaciones son las finales. También se consideran fijaciones finales si el punto que se fija está más allá de la palabra final de la oración leída.

Los diferentes tipos de fijaciones pueden verse en la Figura 3.3.

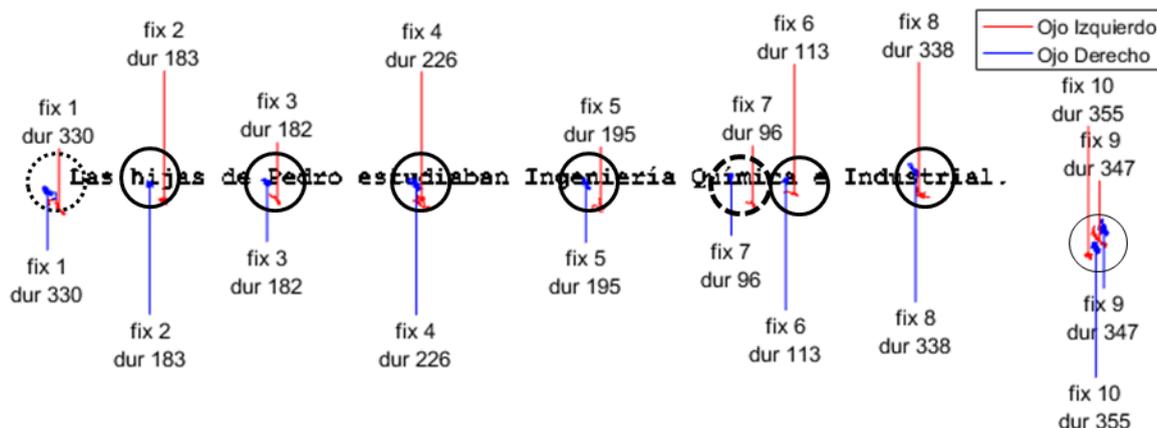


Figura 3.3: Fijaciones durante una lectura. Cada fijación está indexada según el orden en que se presentó. La fijación 1 es inicial (elipse con borde punteado). Las fijaciones 2, 3, 4, 5, 6 y 8 son de primera pasada (borde grueso). Las fijación 7 es una refijación (borde con guiones). Las fijaciones 9 y 10 son finales (borde fino).

Para el grupo AJ, se contabilizaron 27594 fijaciones en total, con un promedio de 8.15 (SD=2.25) por lectura, y con una duración promedio de 206.83 milisegundos (SD=105.58). Del total de fijaciones, 380 (1.38%) corresponden a iniciales, 19748 (71.57%) a fijaciones de PP, 2584 (9.36%) a RF y 4882 (17.69%) a fijaciones finales. El promedio de cada tipo de fijación por lectura es de 0.11, 5.83, 0.76 y 1.44 (SD=0.33, 1.52, 1.04 y 0.82) respectivamente. La duración promedio de cada tipo de fijación es

244.44, 192.13, 195.57 y 269.33 milisegundos ($SD=89.46, 72.50, 116.49$ y 170.26) respectivamente. En el grupo AM, se contabilizaron 22571 fijaciones en total, con un promedio de 8.78 ($SD=2.99$) por lectura, y con una duración promedio de 203.80 milisegundos ($SD=100.30$). Del total de fijaciones, 622 (2.75 %) corresponden a iniciales, 12433 (55.08 %) a fijaciones de PP, 3124 (13.84 %) a RF y 6392 (28.32 %) a fijaciones finales. El promedio de cada tipo de fijación por lectura es de 0.24, 4.84, 1.22 y 2.49 ($SD=0.45, 1.73, 1.32$ y 1.49) respectivamente. La duración promedio de cada tipo de fijación es 222.64, 201.65, 177.11 y 219.19 milisegundos ($SD=89.48, 79.26, 101.19$ y 129.99) respectivamente. Para el grupo AMDCI se registraron 5011 fijaciones, con un promedio de 12.376 ($SD=6.43$) por lectura, y con una duración promedio 231.99 milisegundos ($SD=112.31$). Del total de fijaciones, 44 (0.88 %) corresponden a iniciales, 2824 (56.36 %) a fijaciones de PP, 1260 (25.14 %) a RF y 883 (17.62 %) a fijaciones finales. El promedio de cada tipo de fijación por lectura es de 0.11, 6.97, 3.11 y 2.18 ($SD=0.31, 3.18, 2.86$ y 2.08) respectivamente. La duración promedio de cada tipo de fijación es 200.27, 236.45, 225.17 y 229.02 milisegundos ($SD=71.05, 104.40, 112.99$ y 134.53) respectivamente. Estos resultados se resumen en la Tabla 3.1.

La información del porcentaje de cada tipo de fijación sobre el total de fijaciones por grupo, está representada en la Figura 3.4. Cabe resaltar que el porcentaje de fijaciones de PP parece disminuir con la edad de los grupos. A su vez, es posible apreciar que entre los grupos AM y AMDCI, hay una diferencia muy significativa en el porcentaje de RF, mientras que el porcentaje de fijaciones de PP se mantiene prácticamente igual. Esto último podría responder a que el deterioro cognitivo demande volver sobre lo ya leído debido a un déficit en la memoria de trabajo.

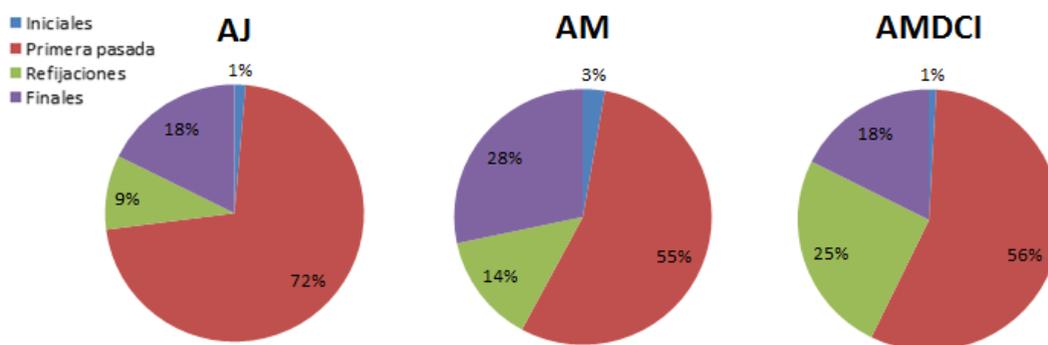


Figura 3.4: Porcentaje de cada tipo de fijaciones sobre el total de fijaciones, para cada grupo. Izquierda: Grupo AJ. Centro: Grupo AM. Derecha: Grupo AMDCI.

Un análisis ANOVA no arrojó diferencias significativas en las duraciones promedio

		Fij. totales	Fij. iniciales	Fij. PP	Fij. RF	Fij. finales
18 AJ 3385 Lects.	Cantidad	27594	380 (1.38 %)	19748 (71.57 %)	2584 (9.36 %)	4882 (17.69 %)
	Promedio por lectura (±SD)	8.15 (±2.25)	0.11 (±0.33)	5.83 (±1.52)	0.76 (±1.04)	1.44 (±0.82)
	Duración promedio (±SD)	206.83 (±105.58)	244.44 (±89.46)	192.13 (±72.50)	195.57 (±116.49)	269.33 (±170.26)
18 AM 2569 Lects.	Cantidad	22571	622 (2.75 %)	12443 (55.08 %)	3124 (13.84 %)	6392 (28.32 %)
	Promedio por lectura (±SD)	8.78 (±2.99)	0.24 (±0.45)	4.84 (±1.73)	1.22 (±1.32)	2.49 (±1.49)
	Duración promedio (±SD)	203.80 (±100.30)	222.64 (±89.48)	201.65 (±79.26)	177.11 (±101.19)	219.19 (±129.99)
5 AMDCI 405 Lects.	Cantidad	5011	44 (0.88 %)	2824 (56.36 %)	1260 (25.14 %)	883 (17.62 %)
	Promedio por lectura (±SD)	12.37 (±6.43)	0.11 (±0.31)	6.97 (±3.18)	3.11 (±2.86)	2.18 (±2.08)
	Duración promedio (±SD)	231.99 (±112.31)	200.27 (±71.05)	236.45 (±104.40)	225.17 (±112.99)	229.02 (±134.53)

Tabla 3.1: Información de las fijaciones.

de los distintos tipos de fijaciones, ni entre los grupos de sujetos (ver Figura 3.5).

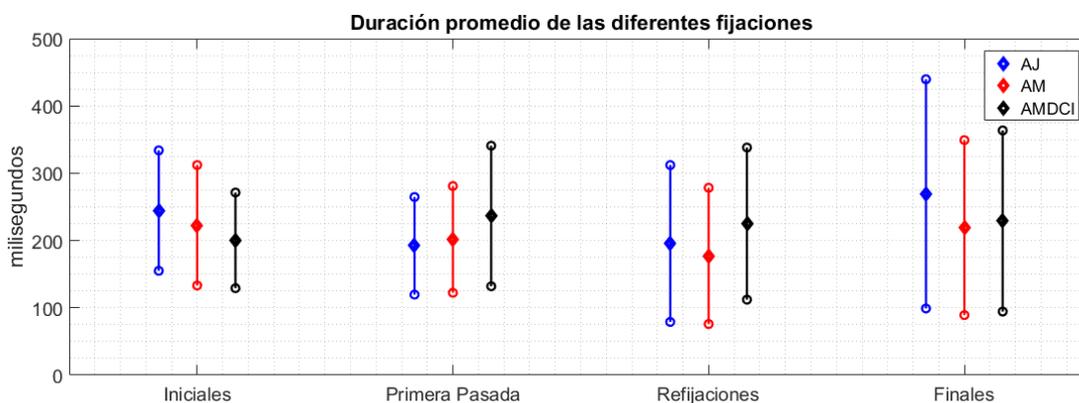


Figura 3.5: Duración promedio de las fijaciones (rombos) ± desvío estándar (círculos), separadas por grupos (azul, grupo AJ, rojo AM, negro AMDCI).

3.4.2. Detección de MS

Dado que las únicas fijaciones que se encuentran sobre palabras son las de PP y las RF, realizamos la detección de MS sobre estos tipos de fijaciones, para determinar si la naturaleza de los MS se ve afectada por las características de las palabras, los tipos de oraciones, los sujetos lectores, o el tipo de fijación.

En el Capítulo 2 describimos dos de los métodos utilizados en la actualidad para detectar los movimientos MS, junto con las ventajas y desventajas de cada uno. En el presente trabajo, combinamos ambos métodos de detección, para potenciar las ventajas y disminuir las desventajas, como describiremos a continuación.

Realizamos una primera detección de *posibles* movimientos MS mediante el método de LMM (ver Capítulo 2), usando $\psi(t) = -\theta'(t)$ con $\theta(t) = e^{-t^2}$, como madre wavelet. Así, determinamos posibles movimientos MS rastreando las LMM en el espacio tiempo-escala de la TWC de las señales de movimientos oculares (ver Figura 3.6). Esta detección nos indica en qué momento la señales sufrieron un cambio abrupto en la posición, independientemente de la velocidad de las señales en cada fijación. La desventaja, como explicamos anteriormente, es que perdemos información sobre cuánto tiempo dura el MS en cuestión, ya que sólo tenemos información del instante en el que se produjo la singularidad. Podríamos optar por definir a priori que un MS dure una cantidad tal de milisegundos, pero correríamos el riesgo de tomar porciones de la señal que en realidad no tienen naturaleza balística. Además, un cambio abrupto de 2 muestras, que es lo que detectamos con las LMM, podría ser un error en la medición y por lo tanto un falso positivo como MS. Lo que ganamos en independencia de las velocidades de las señales, lo perdemos en información sobre la duración de los MS.

Para evitar la definición a priori de la duración de los MS, aplicamos el algoritmo con umbral de velocidad (ver Capítulo 2). La detección de MS mediante este algoritmo demanda establecer un valor para el parámetro λ , y una duración mínima para considerar que un movimiento es un MS, además de que el umbral depende del promedio y el desvío estándar de la velocidad de la señal. Diferentes trabajos utilizan distintos valores de λ que dependen del experimento realizado. De igual manera sucede con la duración mínima del movimiento. Por ejemplo en [15] se establece el valor de $\lambda = 6$ y una duración mínima de 12 milisegundos, y el mismo autor en [16] usa $\lambda = 5$ y una duración mínima de 6 milisegundos. En [20] utiliza $\lambda = 1$.

Para determinar los valores a utilizar en este trabajo, realizamos detecciones variando el valor del umbral λ y la duración mínima del movimiento, y calculamos la cantidad de MS detectados por segundo, denominada *rate*. Determinamos que $\lambda = 1,5$

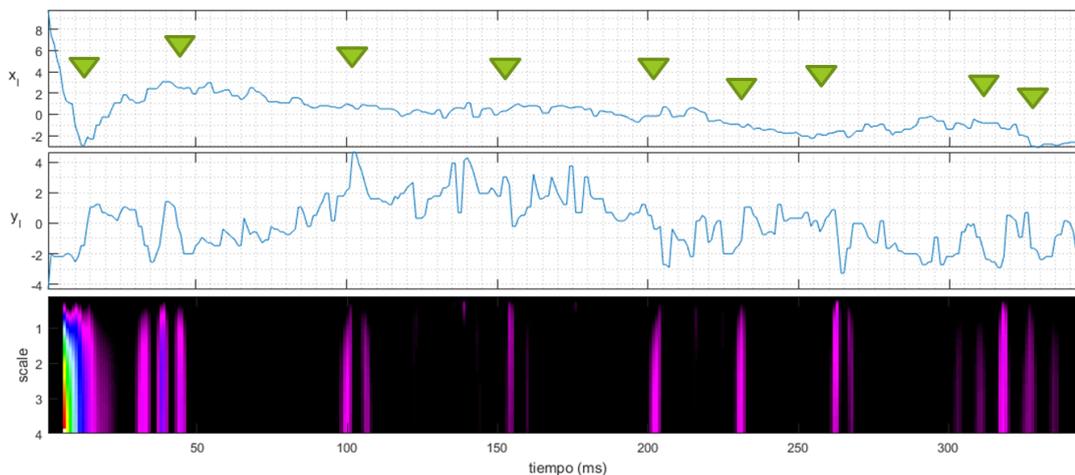


Figura 3.6: Arriba: Posición horizontal del ojo izquierdo durante una fijación. Centro: Posición vertical del ojo izquierdo. Abajo: Módulo de la TWC de las señales. Los triángulos verdes corresponden a los movimientos MS detectados según las LMM.

y una duración mínima de 5 muestras (4 milisegundos) resultan en un rate promedio acorde con diversos trabajos. Aplicamos el método con estos parámetros para detectar los *otros posibles* movimientos MS. Luego, consideramos movimientos MS monoculares sólo a los detectados por ambos algoritmos (ver Figura 3.7). Así, cada MS será aquel en donde haya una LMM (método independiente de las velocidades de cada señal), pero la duración de éste está determinada por los instantes en el que la velocidad esté por fuera del umbral por lo menos 4 milisegundos, evitando considerar balístico a a porciones de movimientos que no lo sean.

Esto se realizó para las señales de cada ojo. Una vez obtenidos los movimientos MS monoculares detectados por ambos métodos para cada ojo, consideramos sólo los eventos *binoculares* para el análisis. El criterio de binocularidad utilizado es el mismo usado en [16], que considera un MS binocular cuando hay solapamiento temporal entre los movimientos MS en ambos ojos. En la Figura 3.8 puede apreciarse un MS binocular detectado por ambos métodos.

Para poder analizar los movimientos MS, extrajimos diferentes variables cuantitativas de los MS binoculares. Estas variables son el *largo*, la *velocidad pico*, la *duración*, la *variación horizontal*, la *variación vertical* y el *tiempo inicial relativo al comienzo de la fijación*.

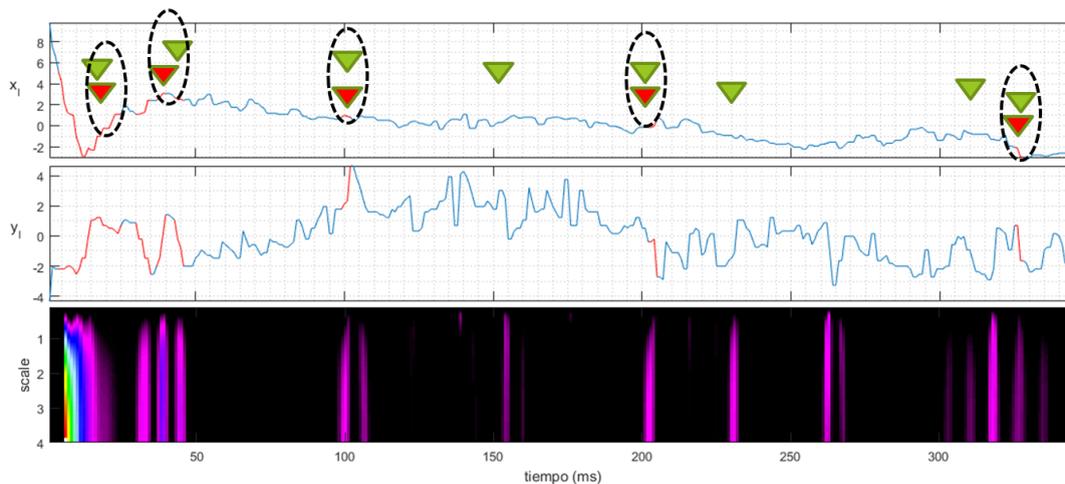


Figura 3.7: Arriba: Posición horizontal del ojo izquierdo durante una fijación. Centro: Posición vertical del ojo izquierdo. Abajo: Módulo de la TWC de las señales. Los triángulos verdes corresponden a los movimientos MS detectados según las LMM. Los triángulos rojos corresponden a los movimientos MS detectados con el umbral de velocidad. Las elipses encierran los movimientos MS detectados por ambos métodos.

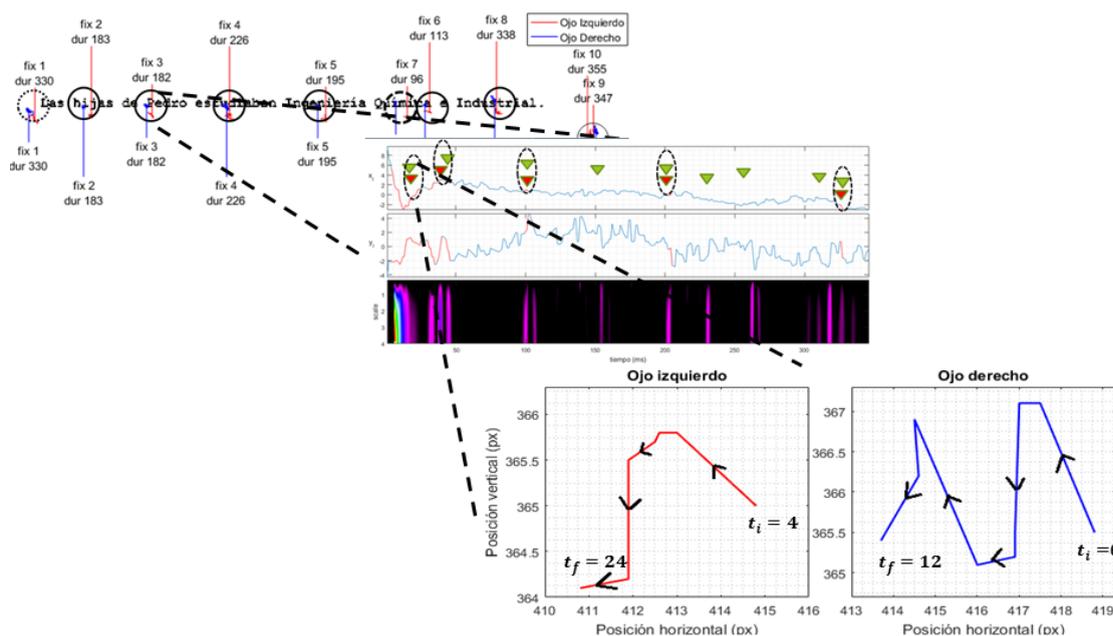


Figura 3.8: Arriba: Fijaciones en una lectura. Centro: Fijación 3 ampliada, ojo derecho. Abajo: MS binocular extraído con ambos métodos.

3.5. Análisis de los Movimientos MS

En primer lugar realizamos un histograma del tiempo inicial de los movimientos MS, y encontramos evidencia de que estos suceden mayoritariamente al comienzo de

las fijaciones (ver Figura 3.9).

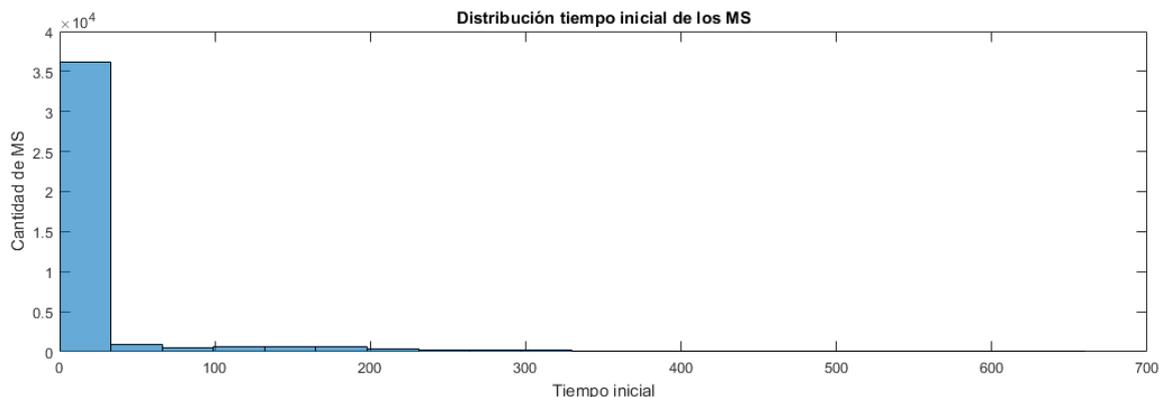


Figura 3.9: Distribución del tiempo inicial de los MS binoculares en las fijaciones PP y RF.

Luego, analizamos la orientación de los MS detectados, realizando un histograma angular para cada grupo, sin discriminar entre fijaciones de PP y RF, ni por tipo de oración, o si corresponden a eventos *antes de la MJW* (amj) o *después de la MJW* (dmj).

Para el grupo AJ y AM, las distribuciones muestran evidencia de que los movimientos son predominantemente horizontales, mientras que para el grupo AMDCI se concentran en una orientación oblicua, además de estar distribuidos mas uninformente, como puede apreciarse en la Figura 3.11. Estos resultados concuerdan con los reportados por Kapoula en [27] para el grupo AM, siendo la orientación de los MS horizontal mayoritariamente, aunque no para los del grupo AMDCI. En ese trabajo, Kapoula reporta una orientación oblicua para el grupo de pacientes con deterioro cognitivo leve y para el grupo de pacientes con Alzheimer, desviada alrededor de -30° del semieje positivo de las abscisas, mientras que nuestro análisis el grupo AMDCI muestra una concentración oblicua alrededor de los 30° . La orientación mayoritariamente horizontal de los MS también fue reportada en [15] y [47]. Cabe resaltar que en los trabajos mencionados anteriormente los experimentos fueron de fijaciones en un punto, y no durante la lectura.

Los histogramas angulares, discriminando entre fijaciones de PP y RF (Figura 3.11), muestran que la orientación de los MS cambia dependiendo de si la fijación es de PP o es una RF. Llamamos *progresivo* al movimiento en la dirección de lectura y *regresivo* al movimiento en sentido opuesto. En las fijaciones de PP los MS son mayormente regresivos, en cambio en las RF son mayormente progresivos, para los grupos AJ y AM. Para el grupo AMDCI no se registra esta tendencia, sino que por el contrario, en

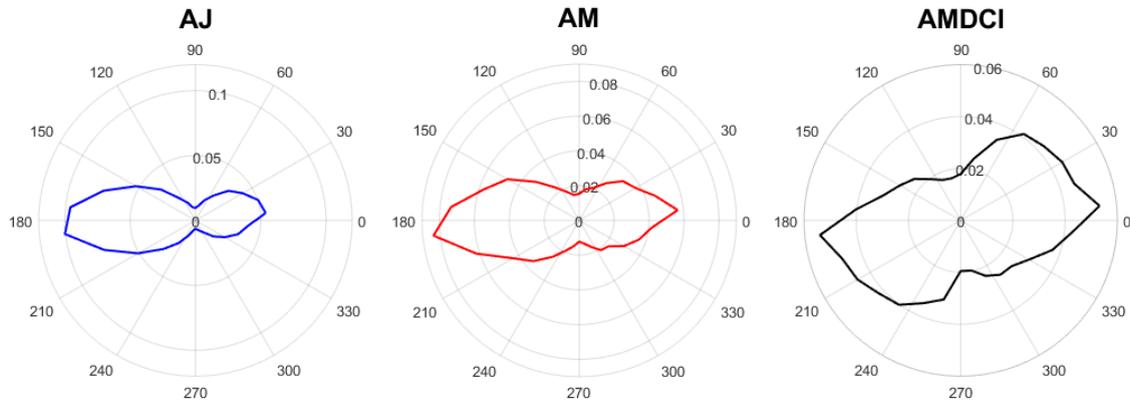


Figura 3.10: Distribución angular de todos los MS de los grupos AJ, AM y AMDCI.

las fijaciones de PP los MS están levemente concentrados en sentido progresivo, y en la RF están levemente concentrados en sentido regresivo.

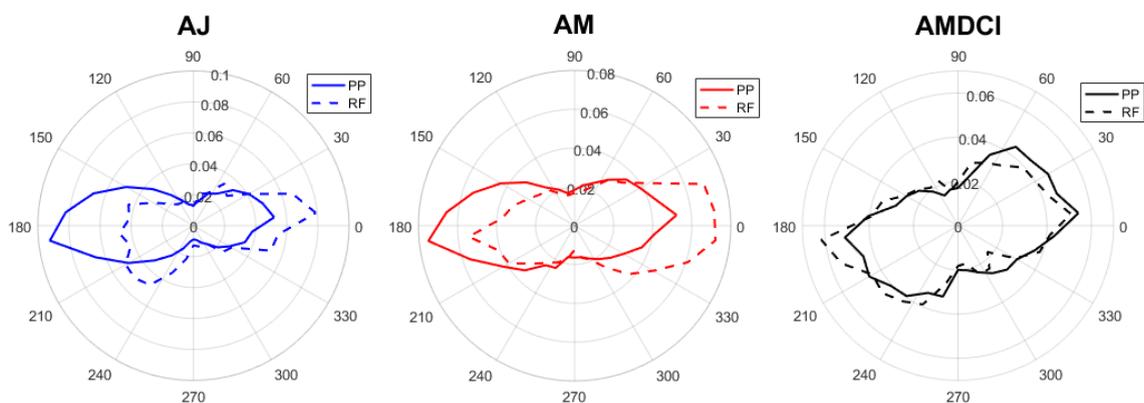


Figura 3.11: Distribución angular de todos los MS de los grupos AJ, AM y AMDCI. Línea sólida: Ms en fijaciones de PP. Línea punteada: Ms en RF.

Esto, en conjunto con la evidencia que muestra que los MS suceden al comienzo de las fijaciones, indica que cumplen la función de corregir un desfase en la mirada luego del movimiento sacádico que precede a la fijación en cuestión. Una corrección en sentido contrario a la sacada para los grupos AJ y AM, más marcada en el grupo AJ, y una corrección en el mismo sentido que la sacada para el grupo AMDCI, mucho menos marcada.

A su vez, analizamos si la *duración* y la *longitud* de los MS se modifican dependiendo del tipo de sujeto. Un análisis de varianza, para cada variable, arrojó que tanto la duración como la longitud de los MS son significativamente diferentes entre los sujetos ($p < 0,01$). Para el grupo AJ los MS duran menos y son mas largos, mientras que

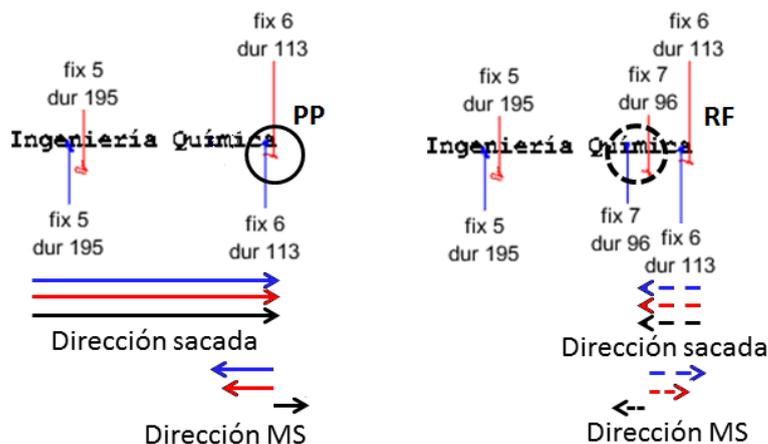


Figura 3.12: Izquierda: Una fijación de PP. Derecha: Una RF. Abajo la dirección de la sacada anterior (flechas sólidas) y la dirección del MS (flechas punteadas). Azul: grupo AJ. Rojo: grupo AM. Negro: grupo AMDCI.

en el grupo AM duran más y son más cortos (ver Figura 3.13). Esto concuerda con el posterior análisis sobre la *velocidad pico*, que mostró ser mayor para el grupo AJ en comparación con el grupo AM. Para el grupo AMDCI no hay evidencia de esta relación, sino que los MS duran menos y son más cortos.

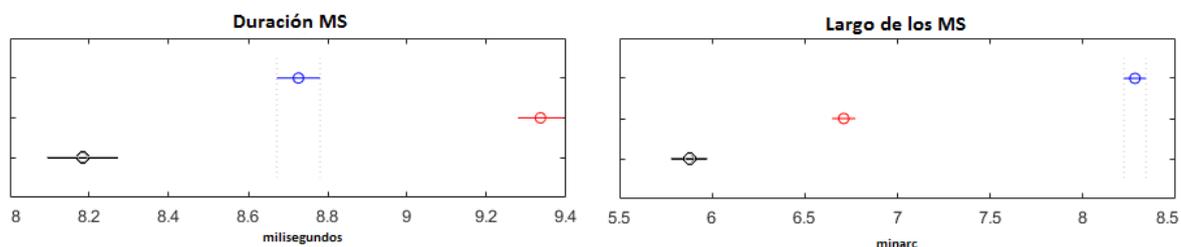


Figura 3.13: Izquierda: Duración promedio de los MS por sujeto. Derecha: Longitud promedio de los MS por sujeto. AJ en azul, AM en rojo y AMDCI en negro. Los círculos corresponden al valor promedio y las líneas a \pm desvío estándar.

Para testear si los diferentes estímulos visuales producen diferencias en los MS, se realizó un análisis con los datos correspondientes a los MS de las oraciones de *baja predictibilidad* y los *proverbios*, dado que éstas son las oraciones que mayor diferencia tienen en cuanto a la regularidad semántica. Un análisis de varianza no arrojó diferencias significativas entre la duración y el largo promedio entre los tipos de oración. Por otro lado, para analizar el efecto contextual debido a la recuperación de la memoria, analizamos los MS producidos *antes de la MJW* (amj), *en la MJW* (emj) y *después de la MJW* (dmj), y encontramos evidencia de que los MS producidos amj son significativamente más duraderos que los producidos emj para el grupo AM, pero no es diferente

en los demás grupos (ver Figura 3.14).

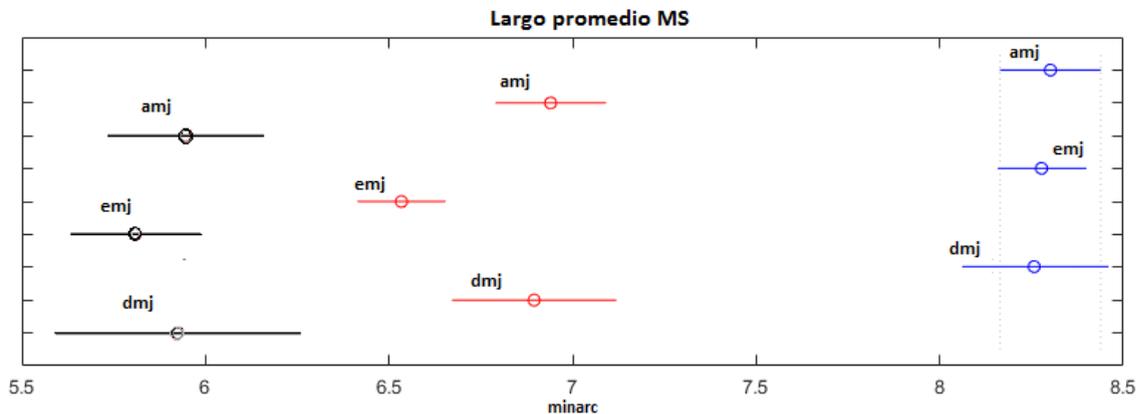


Figura 3.14: Largo promedio de los MS, amj, emj, dmj. Los colores para los grupos AJ, AM y AMDCI son azul, rojo y negro, respectivamente. Los círculos corresponden al valor promedio y las líneas a \pm desvío estándar.

Por otro lado, utilizamos un *Modelo Lineal Mixto* para determinar si los MS se ven afectados por las características de las palabras en las oraciones. Estos Modelos se utilizan, en general, para determinar la influencia que varios factores que pueden tener cierto grado de correlación entre ellos, ejercen sobre determinada variable (una descripción más detallada puede verse en el Apéndice B de [18]).

En particular, realizamos el modelo:

$$\text{durMS}_i = \vec{\alpha}_i \vec{x}_i + \vec{b}_i \vec{z}_i \text{ y}$$

$$\text{largoMS}_i = \vec{\beta}_i \vec{x}_i + \vec{c}_i \vec{z}_i$$

donde durMS y largoMS son la duración y el largo del MS en las fijaciones de PP o en RF, $\vec{x}_i = [L_{N-1}, L_N, L_{N+1}, P_{N-1}, P_N, P_{N+1}, F_{N-1}, F_N, F_{N+1}]$, es el vector de las variables fijas, donde L , P y F son el largo, la wpr y la wfr, de la palabra, respectivamente, y $N - 1$, N y $N + 1$ hacen referencia a la palabra anterior a la fijada, la palabra fijada y la palabra siguiente a la fijada, respectivamente. El vector $\vec{z}_i = [\frac{1}{IN}, \frac{1}{SN}]_i$ es el vector de las variables aleatorias, donde IN es el número de identificación del participante y SN es el número de orden de la oración leída, para introducir al modelo la fatiga. En este modelo los vectores $\vec{\alpha}_i$ y $\vec{\beta}_i$ son los parámetros fijos, y \vec{b}_i y \vec{c}_i los parámetros aleatorios. El modelo está destinado a determinar si las características en las palabras anterior, fijada y posterior explican la duración o el largo de los movimientos MS producidos en la fijación sobre la palabra fijada.

Al aplicar el modelo con los efectos aleatorios o sin ellos no se encontraron diferencias, por lo que describiremos sólo los resultados ajustando los parámetros fijos.

El modelo aplicado a la duración del MS en fijaciones de PP arrojó efectos significativos de intermediación y retrasado de la predictibilidad para el grupo AM, y efectos significativos de intermediación de la frecuencia para el grupo AMDCI (ver Tabla 3.2).

PP	AJ			AM			AMDCI		
	Intpto.	Er. St.	<i>p</i> -valor	Intpto	Er. St.	<i>p</i> -valor	Intpto	Er. St.	<i>p</i> -valor
Dur.	9.09	0.13	0	8.87	0.16	0	7.83	0.30	0
L_{N-1}	-0.18	0.24	0.44	0.02	0.29	0.95	-0.27	0.50	0.58
L_N	-0.43	0.30	0.16	-0.18	0.34	0.61	-0.99	0.60	0.10
L_{N+1}	0.16	0.24	0.51	-0.13	0.31	0.68	0.37	0.49	0.43
P_{N-1}	0.03	0.03	0.34	0.09	0.04	0.04*	<0.01	0.07	0.96
P_N	0.06	0.04	0.07	-0.10	0.04	0.02*	-0.06	0.07	0.39
P_{N+1}	-0.03	0.03	0.36	-0.02	0.04	0.61	0.08	0.07	0.25
F_{N-1}	-0.02	0.03	0.61	-0.05	0.03	0.16	<0.01	0.06	0.97
F_N	-0.02	0.03	0.64	0.04	0.04	0.32	0.16	0.07	0.02*
F_{N+1}	-0.05	0.03	0.10	<0.01	0.04	0.91	-0.06	0.06	0.38
Cantidad MS=14678			Cantidad MS=10672			Cantidad MS=3001			
AIC=79573			AIC=58914			AIC=16194			
BIC=79657			BIC=58994			BIC=16260			
LogLikelihood=-39776			LogLikelihood=-29446			LogLikelihood=-8086.2			
Deviance=79551			Deviance=58892			Deviance=16172			

Tabla 3.2: Resultados del modelo aplicado a la duración de los MS en fijaciones de PP. Los *p*-valores con * indican efecto significativo de la variable sobre la duración.

Para los MS en RF, se encontró evidencia de los mismos efectos de intermediación y retrasado para el grupo AM, y un efecto muy significativo de frecuencia de la palabra anterior, en el grupo AM (Tabla 3.3).

El modelo aplicado al largo del MS en fijaciones de PP arrojó evidencia de un efecto significativo de intermediación del largo P_N , un efecto retrasado muy significativo de la frecuencia F_{N-1} , para el grupo AJ. El efecto de intermediación muestra que mientras más larga la palabra fijada, más largo es el MS. También se encontró evidencia de un efecto de intermediación significativo del largo de la palabra L_N sobre el largo del MS para el grupo de AM (Tabla 3.4).

En cuanto RF, el análisis no arrojó evidencia de efectos de las características de las palabras sobre el largo de los MS en ninguno de los grupos (Tabla 3.5).

RF	AJ			AM			AMDCI		
	Intpto.	Er. St.	<i>p</i> -valor	Intpto	Er. St.	<i>p</i> -valor	Intpto	Er. St.	<i>p</i> -valor
Dur.	9.91	0.17	0	10.19	0.21	0	7.25	0.38	0
L_{N-1}	-0.10	0.28	0.70	0.51	0.34	0.13	-0.93	0.66	0.16
L_N	-0.34	0.33	0.30	0.36	0.37	0.33	-0.39	0.82	0.63
L_{N+1}	0.24	0.28	0.40	-0.18	0.34	0.60	-0.19	0.62	0.75
P_{N-1}	0.08	0.04	0.06	0.12	0.052	0.02*	-0.10	0.10	0.32
P_N	0.11	0.13	0.40	-0.33	0.15	0.03*	0.11	0.10	0.27
P_{N+1}	-0.05	0.04	0.16	-0.027	0.04	0.55	-0.04	0.09	0.61
F_{N-1}	-0.06	0.035	0.06	-0.13	0.0424	<0.01**	0.14	0.089	0.10
F_N	<0.01	<0.1	0.87	<0.01	<0.01	0.96	<0.1	0.09	0.96
F_{N+1}	-0.05	0.04	0.14	-0.01	0.04	0.71	0.04	0.09	0.59
Cantidad MS=9700			Cantidad MS=7775			Cantidad MS=1174			
AIC=52007			AIC=42736			AIC=5933			
BIC=52086			BIC=42812			BIC=5988.8			
LogLikelihood=-25993			LogLikelihood=-21357			LogLikelihood=-2955.5			
Deviance=51985			Deviance=42714			Deviance=5911			

Tabla 3.3: Resultados del modelo aplicado a la duración de los MS en RF. Los *p*-valores con * indican efecto significativo de la variable sobre la duración, y los *p*-valores con ** indican efecto muy significativo.

PP	AJ			AM			AMDCI		
	Intpto.	Er. St.	<i>p</i> -valor	Intpto	Er. St.	<i>p</i> -valor	Intpto	Er. St.	<i>p</i> -valor
Largo	6.6	0.13	0	6.4	0.16	0	5.36	0.28	0
L_{N-1}	-0.25	0.24	0.29	-0.19	0.28	0.50	-0.42	0.47	0.37
L_N	-0.73	0.30	0.01*	-0.66	0.34	0.05*	0.02	0.57	0.96
L_{N+1}	0.21	0.24	0.37	0.02	0.30	0.93	0.10	0.46	0.81
P_{N-1}	-0.01	0.03	0.67	0.02	0.04	0.60	<0.01	0.07	0.94
P_N	0.04	0.03	0.17	0.02	0.04	0.61	-0.02	0.06	0.72
P_{N+1}	<0.1	0.03	0.84	-0.03	0.03	0.43	0.05	0.06	0.38
F_{N-1}	0.08	0.02	<0.01**	0.03	0.03	0.29	0.08	0.06	0.19
F_N	<0.1	0.03	0.83	<0.1	0.03	0.99	0.11	0.06	0.10
F_{N+1}	-0.05	0.03	0.07	-0.02	0.04	0.55	-0.10	0.06	0.09
Cantidad MS=14678			Cantidad MS=10672			Cantidad MS=3001			
AIC=79946			AIC=58503			AIC=15857			
BIC=80029			BIC=58583			BIC=15923			
LogLikelihood=-39962			LogLikelihood=-29241			LogLikelihood=-7917.6			
Deviance=79924			Deviance=58481			Deviance=15835			

Tabla 3.4: Resultados del modelo aplicado al largo de los MS en fijaciones de PP. Los *p*-valores con * indican efecto significativo de la variable sobre el largo, y los *p*-valores con ** indican efecto muy significativo.

RF	AJ			AM			AMDCI		
	Intpto.	Er. St.	p -valor	Intpto	Er. St.	p -valor	Intpto	Er. St.	p -valor
Largo	7.2	0.18	0	7.08	0.21	0	5.08	0.39	0
L_{N-1}	0.05	0.29	0.85	0.33	0.34	0.34	-0.30	0.68	0.65
L_N	-0.45	0.35	0.20	-0.08	0.37	0.82	-0.94	0.84	0.26
L_{N+1}	0.39	0.30	0.19	-0.25	0.35	0.46	-0.06	0.63	0.91
P_{N-1}	<0.01	0.04	0.88	0.01	0.05	0.74	0.04	0.10	0.65
P_N	0.20	0.14	0.16	0.12	0.15	0.44	0.09	0.10	0.35
P_{N+1}	>-0.01	-0.06	0.94	-0.03	0.04	0.51	-0.06	0.10	0.51
F_{N-1}	0.04	0.03	0.21	-0.02	0.043	0.54	<0.01	0.09	0.97
F_N	>-0.01	<0.01	0.42	>-0.01	>-0.01	0.29	0.09	0.09	0.33
F_{N+1}	-0.07	0.04	0.06	-0.01	0.04	0.73	0.10	0.09	0.27
Cantidad MS=9700			Cantidad MS=7775			Cantidad MS=1174			
AIC=53106			AIC=43003			AIC=5989.2			
BIC=53185			BIC=43079			BIC=6044.9			
LogLikelihood=-26542			LogLikelihood=-21490			LogLikelihood=-2983.6			
Deviance=53084			Deviance=42981			Deviance=5967.2			

Tabla 3.5: Resultados del modelo aplicado a al largo de los MS en RF.

Conclusiones y Trabajo Futuro

Conclusiones

En el Capítulo 1 enunciamos los resultados que muestran que la TWC, eligiendo de manera adecuada la madre wavelet, es una herramienta capaz de detectar las singularidades de una señal, mediante el cálculo de las LMM. Esto resulta en una herramienta eficaz para detectar los MS.

En el Capítulo 2, luego de una descripción pormenorizada del sistema visual, el proceso de percepción y los tipos de movimientos oculares, profundizamos sobre los movimientos MS. Describimos dos de los métodos usados en la actualidad para detectarlos, enumerando las ventajas y desventajas que conlleva cada uno.

En el Capítulo 3 describimos el experimento de lectura realizado, los participantes, el corpus de oraciones en conjunto con las características de las palabras, y el registro de los datos. Enumeramos los efectos de las palabras sobre los movimientos oculares reportados a la fecha en la literatura científica, para luego proceder al análisis de los datos. Detallamos los diferentes tipos de fijaciones que se produjeron durante el experimento y, utilizando las fijaciones de PP y las RF, implementamos un nuevo método robusto de detección de movimientos microsacádicos combinando los descriptos anteriormente.

A partir de esto, podemos concluir que:

1. La combinación de ambos métodos resulta en uno más robusto que potencia las ventajas de ambos y disminuye las desventajas de cada uno.
2. La localización temporal de los microsacádicos, en conjunto con su distribución angular en las fijaciones de PP y las RF, permite afirmar que existe evidencia de que éstos cumplen una función correctiva de la mirada luego de la sacada inmediata anterior, durante la lectura. A nuestro entender, este efecto no ha sido reportado en la literatura científica hasta la fecha. Además, de nuestro análisis

surge que esta corrección es opuesta a la dirección de la sacada inmediata anterior, en adultos jóvenes y adultos mayores, y en la misma dirección de la sacada anterior en adultos mayores con deterioro cognitivo incipiente.

3. La duración y el largo de los microsacádicos es significativamente diferente entre adultos jóvenes, adultos mayores y adultos mayores con deterioro cognitivo incipiente.
4. La duración de los microsacádicos es significativamente diferente antes de y durante la palabra de mayor salto en predictibilidad, para los adultos mayores.
5. En los adultos mayores, la predictibilidad tiene un efecto de intermediación y retrasado sobre la duración de los MS en las fijaciones de PP. En los adultos mayores con deterioro cognitivo incipiente, la frecuencia tiene un efecto de intermediación significativo sobre la duración de los MS.
6. En las RF, encontramos evidencia de efectos retrasado y de intermediación significativos de la predictibilidad, y efecto retrasado muy significativo de la frecuencia, en la duración de los MS en el grupo de adultos mayores.
7. Hallamos evidencia de efectos de intermediación significativos del largo de la palabra sobre el largo de los MS para los grupos de adultos jóvenes y adultos mayores; y un efecto retrasado muy significativo de la frecuencia sobre el largo de los MS para los adultos jóvenes, en las fijaciones de PP.

Trabajo futuro

El incremento en la expectativa vital conlleva necesariamente un deterioro natural del tejido cerebral, deterioro que puede devenir en diferentes enfermedades neurodegenerativas, como la enfermedad de Alzheimer (EA), por ejemplo. Por lo general, las enfermedades neurodegenerativas demandan procedimientos quirúrgicos sumamente invasivos para ser diagnosticadas certeramente, y estos procedimientos se llevan adelante cuando se han descartado otras posibilidades y los síntomas son muy evidentes. Es de vital importancia procesar y analizar las señales de movimientos oculares para rastrear de qué forma éstas afectan el cerebro, y poder desarrollar exámenes o test menos invasivos y más certeros, para poder generar diagnósticos tempranos.

Teniendo en cuenta lo expresado anteriormente y lo expuesto en las Conclusiones, nuestro trabajo futuro se centrará en:

- Incrementar los datos a analizar para balancear los análisis entre cada grupo de sujetos, cada tipo de oración, y los diferentes tipos de fijaciones.
- Aplicar el análisis propuesto a experimentos en los que participen sujetos diagnosticados con diferentes enfermedades neurodegenerativas, para analizar si éstas influyen sobre los microsacádicos, en comparación con lo descrito en las conclusiones sobre sujetos sanos y con deterioro cognitivo incipiente.
- Diseñar experimentos que permitan avanzar sobre exámenes que contribuyan al diagnóstico temprano y no invasivo de enfermedades neurodegenerativas.

Bibliografía

- [1] J. M. Arriola, M. P. Alvarez, L. R. Castro, O. Agamennoni, y G. Fernandez. An approach to the study of microsaccades during reading using wavelets. In *XXIII Congreso de Métodos Numéricos y sus Aplicaciones (ENIEF)(La Plata, 7 al 10 de noviembre 2017)*, 2017.
- [2] American Psychiatric Association et al. Manual de diagnóstico y estadísticas de desórdenes mentales, dsm iv. *España: Editorial Médica Panamericana*, 1994.
- [3] M. Bettenbühl. *Microsaccades: Symbols in fixational eye movements*, volume 5. Universitätsverlag Potsdam, 2015.
- [4] M. Bettenbühl, C. Paladini, K. Mergenthaler, R. Kliegl, R. Engbert, y M. Holschneider. Microsaccade characterization using the continuous wavelet transform and principal component analysis. *Journal of Eye Movement Research*, 3(5):1–14, 2010.
- [5] B. Bianchi, G. B. Monzón, L. Ferrer, D. Fernández Slezak, D. E. Shalom, y J. E. Kamienkowski. Human and computer estimations of predictability of words in written language. *Scientific reports*, 10(1):1–11, 2020.
- [6] L. B. Boscardín. Wavelets definidas sobre volúmenes, September 2001. Tesis de Magíster. Depto. de Matemática, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina.
- [7] A. Bultheel. *Wavelets with applications in signal and image processing*. 2011.
- [8] C. K. Chui. *An Introduction to Wavelets*, volume 1 of *Wavelet Analysis and its Applications*. Academic Press, New York, 1992.
- [9] R. R. Coifman y G. Weiss. Extensions of hardy spaces and their use in analysis. *Bulletin of the American Mathematical Society*, 83(4):569–645, 1977.

- [10] R. Darwin y E. Darwin. New experiments on the ocular spectra of light and colours. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series I*, 76:313–348, 1786.
- [11] I. Daubechies. Orthonormal basis of compactly supported wavelets. *Comm. Pure and Appl. Math.*, 41(7):909–996, October 1988.
- [12] I. Daubechies. The wavelet transform, time-frequency localization and signal analysis. *IEEE Trans. on Information Theory*, 36:961–1005, 1990.
- [13] I. Daubechies. *Ten Lectures on Wavelets*. Society for Industrial and Applied Mathematics-SIAM, Philadelphia, Pennsylvania, 1992.
- [14] R. W. Ditchburn. The function of small saccades. *Vision Research*, 1980.
- [15] R. Engbert y R. Kliegl. Microsaccades uncover the orientation of covert attention. *Vision Research*, 43(9):1035–1045, 2003.
- [16] R. Engbert y K. Mergenthaler. Microsaccades are triggered by low retinal image slip. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(18):7192–7197, 2006.
- [17] R. Engbert, K. Mergenthaler, P. Sinn, y A. Pikovsky. An integrated model of fixational eye movements and microsaccades. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(39):E765–E770, 2011.
- [18] G. Fernández. Procesamiento dinámico de la información durante la lectura: estrategias mentales en la exploración visual, 2011. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina.
- [19] G. Fernández, L. R. Castro, M. Schumacher, y O. E. Agamennoni. Diagnosis of mild Alzheimer disease through the analysis of eye movements during reading. *Journal of Integrative Neuroscience*, 14(01):121–133, 2015.
- [20] G. Fernández, N. P. Rotstein, L. E. Politi, L. R. Castro, y O. E. Agamennoni. Microsaccadic behavior when developing a complex dynamical activity. *Journal of Integrative Neuroscience*, 17(3-4):347–353, 2018.
- [21] G. Fernández, D. E. Shalom, R. Kliegl, y M. Sigman. Eye movements during reading proverbs and regular sentences: The incoming word predictability effect. *Language, Cognition and Neuroscience*, 29(3):260–273, 2014.

- [22] P. Franklin. A set of continuous orthogonal functions. *Mathematische Annalen*, 100(1):522–529, 1928.
- [23] A. Grossmann y J. Morlet. Decomposition of Hardy functions into square integrable wavelets of constant shape. *SIAM Journal of Math. Anal.*, 15:723–736, 1984.
- [24] J. M. Henderson y F. Ferreira. Effects of foveal processing difficulty on the perceptual span in reading: implications for attention and eye movement control. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16(3):417, 1990.
- [25] J. Jurin. An essay on distinct and indistinct vision. In *A Compleat System of Opticks in Four Books*, volume 2, pages 115–171. Robert Smith, 1738.
- [26] G. Kaiser. *A Friendly Guide to Wavelets*. Birkhäuser, Boston, 1994.
- [27] Z. Kapoula, Q. Yang, J. Otero-Millan, S. Xiao, S. L. Macknik, A. Lang, M. Verny, y S. Martínez-Conde. Distinctive features of microsaccades in Alzheimer’s disease and in mild cognitive impairment. *Age*, 36(2):535–543, 2014.
- [28] A. Kennedy y J. Pynte. Parafoveal-on-foveal effects in normal reading. *Vision research*, 45(2):153–168, 2005.
- [29] R. Kliegl, E. Grabner, M. Rolfs, y R. Engbert. Length, frequency, and predictability effects of words on eye movements in reading. *European journal of cognitive psychology*, 16(1-2):262–284, 2004.
- [30] R. Kliegl, M. Masson, y E. M. Richter. A linear mixed model analysis of masked repetition priming. *Visual Cognition*, 18(5):655–681, 2010.
- [31] R. Kliegl, A. Nuthmann, y R. Engbert. Tracking the mind during reading: The influence of past, present, and future words on fixation durations. *Journal of experimental psychology: General*, 135(1):12, 2006.
- [32] E. Kowler y R. M. Steinman. Small saccades serve no useful purpose: reply to a letter by R.W. Ditchburn. *Vision Research*, pages 273–276, 1980.
- [33] J. E. Littlewood y R. E. A. C. Paley. Theorems on fourier series and power series (ii). *Proceedings of the London Mathematical Society*, 2(1):52–89, 1937.
- [34] S. Mallat. Multiresolutions aproximations and wavelet orthonormal basis for $l^2(\mathbb{R})$. *Trans. of the American Math. Society*, 315(1):69–88, 1989.

- [35] S. Mallat. A theory for multiresolution signal decomposition: The wavelet representation. *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intelligence*, 11:674–693, 1989.
- [36] S. Mallat. *A Wavelet Tour of Signal Processing*. Academic Press, USA, 1998.
- [37] S. Mallat y W. L. Hwang. Singularity detection and processing with wavelets. *IEEE transactions on information theory*, 38(2):617–643, 1992.
- [38] S. Mallat y S. Zhong. *Wavelet Transform Scale Maxima and Multiscale Edges*. Wavelets and their Applications. M.B. Ruskai, G. Beylkin, R. Coifman, I. Daubechies, S. Mallat, Y. Meyer and L. Raphael (Eds.), Jones and Bartlett, Boston, 1992.
- [39] D. Marr y E. Hildreth. Theory of edge detection. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences*, 207(1167):187–217, 1980.
- [40] S. Martínez-Conde y S. L. Macknik. Las ventanas de la mente. *Investigación y Ciencia*, (373):22–29, 2007.
- [41] S. Martínez-Conde, S. L. Macknik, X. G. Troncoso, y D. H. Hubel. Microsaccades: a neurophysiological analysis. *Trends in Neurosciences*, 32(9):463–475, 2009.
- [42] S. Martínez-Conde, J. Otero-Millán, y S. L. Macknik. The impact of microsaccades on vision: towards a unified theory of saccadic function. *Nature Reviews Neuroscience*, 14(2):83–96, 2013.
- [43] S. Martínez-Conde, Macknik S. L. Macknik, L. Stephen, y D. H. Hubel. Microsaccadic eye movements and firing of single cells in the striate cortex of macaque monkeys. *Nature Neuroscience*, 3(3):251–258, 2000.
- [44] G. McConkie y K. Rayner. The span of the effective stimulus during a fixation in reading. *Perception & Psychophysics*, 17(6):578–586, 1975.
- [45] Y. Meyer. *Wavelets: Algorithms and Applications*. Society for Industrial and Applied Mathematics-SIAM, 1993.
- [46] Y. Meyer. *Wavelets and Operators*. Cambridge University Press, Cambridge, 1993.
- [47] J. Otero-Millan, A. Serra, R. J. Leighn, X. Troncoso, S. Macknik, y S. Martínez-Conde. Distinctive features of saccadic intrusions and microsaccades in progressive supranuclear palsy. *Journal of Neuroscience*, 31(12):4379–4387, 2011.

- [48] M. Poletti y M. Rucci. A compact field guide to the study of microsaccades: Challenges and functions. *Vision Research*, 118:83–97, 2016.
- [49] K. Rayner. Parafoveal identification during a fixation in reading. *Acta Psychologica*, 39(4):271–281, 1975.
- [50] L. A. Riggs y F. Ratliff. The effects of counteracting the normal movements of the eye. *Journal of the Optical Society of America*, 42(11):872–873, 1952.
- [51] M. Rolf. Microsaccades: Small steps on a long way. *Vision Research*, 49:2415–2441, 2009.
- [52] C. Scheiner. *Oculus: hoc est fundamentum opticum*. Innsbruck, Austria: Danielem Agricolam, 1619.
- [53] N. Sebastián-Gallés, M^a A. Martí, M. Carreiras, y F. Cuetos. LEXESP: Léxico informatizado del español. *Barcelona: Ediciones de la Universidad de Barcelona*, 2000.
- [54] J. Strömberg y A. Torchinsky. Weights, sharp maximal functions and hardy spaces. *Bulletin of the American Mathematical Society*, 3(3):1053–1056, 1980.
- [55] D. Tamaki, H. Fujimori, y H. Tanaka. Eye movement detection using K-nearest neighbor method. In *International Symposium on Affective Science and Engineering ISASE2018*, pages 1–5. Japan Society of Kansei Engineering, 2018.
- [56] W. L. Taylor. “Cloze Procedure”: A new tool for measuring readability. *Journalism Quarterly*, 30(4):415–433, 1953.
- [57] I. P. V. Troxler. Über die Sinne, und die Elemente der Sensationen, besonders die zwei höchsten. *Ders.: Versuche in der organischen Physik*, Jena, pages 5–114, 1804.
- [58] H. von Helmholtz. Handbuch der Physiologischen Optik. In *Allgemeinen Encyclopädie der Physik*, volume IX. Leopold Voss, 1867.
- [59] C. C. Wu, Bo Cao, V. Dali, C. Gagliardi, O. Barthelemy, R. Salazar, M. Pomplun, A. Cronin-Golomb, y A. Yazdanbakhsh. Eye movement control during visual pursuit in Parkinson’s disease. *PeerJ*, 6:e5442, 2018.
- [60] A. L. Yarbus. The perception of an image fixed with respect to the retina. *Biophysics*, 2(5-6):683–690, 1957.

Apéndice A

El corpus de oraciones está conformado por las oraciones que aparecen en las tablas de las siguientes páginas. Estas oraciones fueron el estímulo visual del experimento a partir del cual se obtuvieron los registros de los movimientos oculares analizados en esta Tesis.

Cada columna contiene la siguiente información:

1. N fila: El número de fila correspondiente en la tabla.
2. N Ora.: El número de oración en el Corpus.
3. Tipo Ora.: El tipo de oración, (3) oraciones de prueba, (2) oraciones de alta predictibilidad, (1) oraciones de baja predictibilidad y (0) proverbios.
4. N pal.: El número de la palabra en la oración.
5. Pal.: La palabra que está en la oración.
6. N car.: El número de caracteres en la palabra.
7. Largo: El largo de la palabra (en caracteres) e incluye los puntos y comas.
8. wfr: La frecuencia de la palabra. Muestra cuán frecuente es la palabra en el idioma Español.
9. wpr: La predictibilidad de la palabra. Muestra cuán predecible es una palabra dentro de una oración (resultado del Cloze Task).

N fila	N Ora.	Tipo Ora	N pal.	Pal.	N car.	Largo	frec	pred
1	1	3	1	'Los'	3	3	83471	0
2	1	3	2	'niños'	5	5	1092	0
3	1	3	3	'disfrutaron'	11	11	8	0
4	1	3	4	'del'	3	3	49124	0,222222222
5	1	3	5	'paseo'	5	5	145	0,166666667
6	1	3	6	'mucho'	5	5	3521	0
7	1	3	7	'más'	3	3	20028	0,666666667
8	1	3	8	'que'	3	3	153169	1
9	1	3	9	'yo.'	2	3	7919	0,055555556
10	2	3	1	'Mucho'	5	5	3521	0
11	2	3	2	'ruido'	5	5	322	0,166666667
12	2	3	3	'y'	1	1	140438	0,388888889
13	2	3	4	'pocas'	5	5	428	0,944444444
14	2	3	5	'nueces.'	6	7	24	1
15	3	3	1	'De'	2	2	264721	0
16	3	3	2	'lo'	2	2	31481	0
17	3	3	3	'que'	3	3	153169	0,833333333
18	3	3	4	'no'	2	2	55505	0
19	3	3	5	'se'	2	2	68448	0,555555556
20	3	3	6	'sabe'	4	4	1590	0,055555556
21	3	3	7	'es'	2	2	33826	0,111111111
22	3	3	8	'mejor'	5	5	2646	0,166666667
23	3	3	9	'callar.'	6	7	38	0,055555556
24	4	3	1	'Quien'	5	5	2497	0
25	4	3	2	'mal'	3	3	1535	0,055555556
26	4	3	3	'anda'	4	4	257	0,555555556
27	4	3	4	'mal'	3	3	1535	0,944444444
28	4	3	5	'acaba.'	5	6	514	0,833333333
29	5	3	1	'Chanco'	7	7	6	0
30	5	3	2	'limpio'	6	6	117	0,277777778
31	5	3	3	'nunca'	5	5	3228	0,5
32	5	3	4	'engorda.'	7	8	15	0,611111111
33	6	3	1	'La'	2	2	192476	0,166666667
34	6	3	2	'guadaña'	7	7	5	0
35	6	3	3	'es'	2	2	33826	0,388888889
36	6	3	4	'el'	2	2	139594	0,222222222
37	6	3	5	'símbolo'	7	7	147	0,111111111
38	6	3	6	'de'	2	2	264721	1
39	6	3	7	'la'	2	2	192476	1
40	6	3	8	'muerte.'	6	7	1441	0,888888889
41	7	3	1	'Baco'	4	4	0	0
42	7	3	2	'es'	2	2	33826	0,5
43	7	3	3	'el'	2	2	139594	0,666666667
44	7	3	4	'Dios'	4	4	1276	0,722222222
45	7	3	5	'del'	3	3	49124	0,611111111
46	7	3	6	'vino'	4	4	716	0,722222222
47	7	3	7	'y'	1	1	140438	0,722222222
48	7	3	8	'lo'	2	2	31481	0
49	7	3	9	'adoran'	6	6	8	0
50	7	3	10	'los'	3	3	83471	0,611111111

N fila	N Ora.	Tipo Ora	N pal.	Pal.	N car.	Largo	frec	pred
51	7	3	11	'borrachos.'	9	10	44	0,388888889
52	8	3	1	'Pedro'	5	5	108	0
53	8	3	2	'es.'	2	3	33826	0,222222222
54	8	3	3	'por'	3	3	40050	0
55	8	3	4	'el'	2	2	139594	0
56	8	3	5	'momento.'	7	8	2657	0,166666667
57	8	3	6	'el'	2	2	139594	0,777777778
58	8	3	7	'único'	5	5	1244	0,055555556
59	8	3	8	'epiléptico'	10	10	3	0
60	8	3	9	'del'	3	3	49124	0,277777778
61	8	3	10	'hospital.'	8	9	256	0,222222222
62	9	3	1	'A'	1	1	91317	0
63	9	3	2	'la'	2	2	192476	0,166666667
64	9	3	3	'isla'	4	4	211	0
65	9	3	4	'se'	2	2	68448	0,055555556
66	9	3	5	'puede'	5	5	5454	0
67	9	3	6	'llegar'	6	6	1344	0,777777778
68	9	3	7	'solamente'	9	9	441	0
69	9	3	8	'por'	3	3	40050	0,5
70	9	3	9	'avión.'	5	6	282	0,055555556
71	10	3	1	'Juan'	4	4	292	0
72	10	3	2	'se'	2	2	68448	0,055555556
73	10	3	3	'dislocó'	7	7	0	0
74	10	3	4	'el'	2	2	139594	0,666666667
75	10	3	5	'hombro'	6	6	162	0,777777778
76	10	3	6	'por'	3	3	40050	0
77	10	3	7	'tercera'	7	7	367	0
78	10	3	8	'vez.'	3	4	4170	1
79	11	0	1	'Quien'	5	5	2497	0,111111111
80	11	0	2	'mucho'	5	5	3521	0,111111111
81	11	0	3	'abarca'	6	6	32	0,666666667
82	11	0	4	'poco'	4	4	3249	0,944444444
83	11	0	5	'aprieta.'	7	8	41	0,944444444
84	12	1	1	'Aquiles'	7	7	17	0
85	12	1	2	'luchó'	5	5	20	0
86	12	1	3	'en'	2	2	116302	0,166666667
87	12	1	4	'la'	2	2	192476	0,666666667
88	12	1	5	'Guerra'	6	6	1409	0,333333333
89	12	1	6	'de'	2	2	264721	0,944444444
90	12	1	7	'Troya.'	5	6	25	0,666666667
91	13	2	1	'Mario'	5	5	41	0
92	13	2	2	'incorporó'	9	9	61	0
93	13	2	3	'mucha'	5	5	564	0
94	13	2	4	'información'	11	11	745	0,222222222
95	13	2	5	'durante'	7	7	2992	0
96	13	2	6	'su'	2	2	39522	0,555555556
97	13	2	7	'vida.'	4	5	4765	0,166666667
98	14	0	1	'En'	2	2	116302	0,111111111
99	14	0	2	'casa'	4	4	3527	0
100	14	0	3	'de'	2	2	264721	0,444444444

N fila	N Ora.	Tipo Ora	N pal.	Pal.	N car.	Largo	frec	pred
101	14	0	4	'herrero'	7	7	29	0,444444444
102	14	0	5	'cuchillo'	8	8	86	0,944444444
103	14	0	6	'de'	2	2	264721	1
104	14	0	7	'palo.'	4	5	103	1
105	15	1	1	'En'	2	2	116302	0
106	15	1	2	'Alaska'	6	6	21	0
107	15	1	3	'las'	3	3	53823	0
108	15	1	4	'temperaturas'	12	12	81	0,055555556
109	15	1	5	'son'	3	3	7468	1
110	15	1	6	'muy'	3	3	7933	0,5
111	15	1	7	'bajas.'	5	6	140	0,944444444
112	16	2	1	'En'	2	2	116302	0,111111111
113	16	2	2	'la'	2	2	192476	0,277777778
114	16	2	3	'casa'	4	4	3527	0,277777778
115	16	2	4	'de'	2	2	264721	0,888888889
116	16	2	5	'Juan'	4	4	292	0,222222222
117	16	2	6	'no'	2	2	55505	0,055555556
118	16	2	7	'hay'	3	3	6069	0,777777778
119	16	2	8	'animales.'	8	9	611	0
120	17	0	1	'Al'	2	2	24975	0
121	17	0	2	'mal'	3	3	1535	0
122	17	0	3	'tiempo'	6	6	4166	0,444444444
123	17	0	4	'buena'	5	5	1168	0,888888889
124	17	0	5	'cara.'	4	5	1251	0,944444444
125	18	1	1	'Cada'	4	4	4388	0
126	18	1	2	'quien'	5	5	2497	0,111111111
127	18	1	3	'es'	2	2	33826	0,166666667
128	18	1	4	'cada'	4	4	4388	0,166666667
129	18	1	5	'cual.'	4	5	1608	0,611111111
130	19	2	1	'Después'	7	7	2295	0
131	19	2	2	'de'	2	2	264721	1
132	19	2	3	'escuchar'	8	8	260	0
133	19	2	4	'la'	2	2	192476	0,111111111
134	19	2	5	'noticia'	7	7	402	0,055555556
135	19	2	6	'él'	2	2	5809	0
136	19	2	7	'quedo'	5	5	718	0
137	19	2	8	'muy'	3	3	7933	0
138	19	2	9	'triste.'	6	7	324	0,111111111
139	20	0	1	'Cuando'	6	6	10075	0
140	20	0	2	'hay'	3	3	6069	0,055555556
141	20	0	3	'hambre'	6	6	300	0,333333333
142	20	0	4	'no'	2	2	55505	0,888888889
143	20	0	5	'hay'	3	3	6069	1
144	20	0	6	'pan'	3	3	306	0,944444444
145	20	0	7	'duro.'	4	5	357	0,888888889
146	21	2	1	'Javier'	6	6	60	0
147	21	2	2	'tiene'	5	5	4714	0,055555556
148	21	2	3	'amigos'	6	6	792	0
149	21	2	4	'que'	3	3	153169	0,055555556
150	21	2	5	'son'	3	3	7468	0,444444444

N fila	N Ora.	Tipo Ora	N pal.	Pal.	N car.	Largo	frec	pred
151	21	2	6	'muy'	3	3	7933	0,388888889
152	21	2	7	'raros.'	5	6	43	0
153	22	0	1	'Dios'	4	4	1276	0
154	22	0	2	'le'	2	2	18090	0
155	22	0	3	'da'	2	2	1419	0,666666667
156	22	0	4	'pan'	3	3	306	0,777777778
157	22	0	5	'a'	1	1	91317	0,388888889
158	22	0	6	'quien'	5	5	2497	0,555555556
159	22	0	7	'no'	2	2	55505	0,888888889
160	22	0	8	'tiene'	5	5	4714	0,944444444
161	22	0	9	'dientes.'	7	8	380	0,888888889
162	23	1	1	'Todos'	5	5	5830	0,055555556
163	23	1	2	'los'	3	3	83471	0,611111111
164	23	1	3	'caminos'	7	7	229	0,055555556
165	23	1	4	'conducen'	8	8	58	0,722222222
166	23	1	5	'a'	1	1	91317	1
167	23	1	6	'Roma.'	4	5	187	0,944444444
168	24	2	1	'Javier'	6	6	60	0
169	24	2	2	'consiguió'	9	9	217	0
170	24	2	3	'trabajo'	7	7	1912	0
171	24	2	4	'en'	2	2	116302	0,722222222
172	24	2	5	'una'	3	3	47975	0,388888889
173	24	2	6	'empresa'	7	7	649	0,5
174	24	2	7	'internacional.'	13	14	387	0
175	25	0	1	'Por'	3	3	40050	0
176	25	0	2	'la'	2	2	192476	0,055555556
177	25	0	3	'boca'	4	4	868	0,055555556
178	25	0	4	'muere'	5	5	139	0,666666667
179	25	0	5	'el'	2	2	139594	0,944444444
180	25	0	6	'pez.'	3	4	87	0,888888889
181	26	1	1	'En'	2	2	116302	0,111111111
182	26	1	2	'Alemania'	8	8	246	0
183	26	1	3	'tiraron'	7	7	13	0
184	26	1	4	'el'	2	2	139594	0,222222222
185	26	1	5	'muro'	4	4	150	0,666666667
186	26	1	6	'de'	2	2	264721	0,944444444
187	26	1	7	'Berlín.'	6	7	54	1
188	27	2	1	'Jorge'	5	5	134	0
189	27	2	2	'consiguió'	9	9	217	0,055555556
190	27	2	3	'una'	3	3	47975	0,111111111
191	27	2	4	'beca'	4	4	21	0,111111111
192	27	2	5	'para'	4	4	27646	0,611111111
193	27	2	6	'estudiar'	8	8	235	0,333333333
194	27	2	7	'en'	2	2	116302	0,722222222
195	27	2	8	'la'	2	2	192476	0,444444444
196	27	2	9	'universidad.'	11	12	240	0,888888889
197	28	0	1	'A'	1	1	91317	0
198	28	0	2	'palabras'	8	8	1431	0
199	28	0	3	'necias.'	6	7	3	0,777777778
200	28	0	4	'oidos'	5	5	143	1

N fila	N Ora.	Tipo Ora	N pal.	Pal.	N car.	Largo	frec	pred
201	28	0	5	'sordos.'	6	7	36	1
202	29	0	1	'A'	1	1	91317	0,166666667
203	29	0	2	'las'	3	3	53823	0,055555556
204	29	0	3	'palabras'	8	8	1431	0,222222222
205	29	0	4	'se'	2	2	68448	0,5
206	29	0	5	'las'	3	3	53823	0,888888889
207	29	0	6	'lleva'	5	5	765	0,777777778
208	29	0	7	'el'	2	2	139594	0,777777778
209	29	0	8	'viento.'	6	7	395	1
210	30	2	1	'Gustavo'	7	7	23	0
211	30	2	2	'encontró'	8	8	277	0
212	30	2	3	'una'	3	3	47975	0,5
213	30	2	4	'billetera'	9	9	2	0,166666667
214	30	2	5	'tirada'	6	6	40	0,111111111
215	30	2	6	'en'	2	2	116302	1
216	30	2	7	'el'	2	2	139594	0,166666667
217	30	2	8	'bar.'	3	4	298	0
218	31	0	1	'Ojos'	4	4	2718	0
219	31	0	2	'que'	3	3	153169	0,944444444
220	31	0	3	'no'	2	2	55505	1
221	31	0	4	'ven'	3	3	318	0,944444444
222	31	0	5	'corazón'	7	7	848	0,944444444
223	31	0	6	'que'	3	3	153169	1
224	31	0	7	'no'	2	2	55505	0,944444444
225	31	0	8	'siente.'	6	7	320	1
226	32	2	1	'Luis'	4	4	173	0
227	32	2	2	'miró'	4	4	486	0
228	32	2	3	'todo'	4	4	7722	0
229	32	2	4	'el'	2	2	139594	0,111111111
230	32	2	5	'partido'	7	7	1456	0,055555556
231	32	2	6	'de'	2	2	264721	0,333333333
232	32	2	7	'fútbol.'	6	7	521	0,722222222
233	33	1	1	'Alemania'	8	8	246	0
234	33	1	2	'perdió'	6	6	239	0
235	33	1	3	'la'	2	2	192476	0,666666667
236	33	1	4	'segunda'	7	7	768	0,277777778
237	33	1	5	'guerra'	6	6	1409	0,888888889
238	33	1	6	'mundial.'	7	8	491	1
239	34	0	1	'Al'	2	2	24975	0
240	34	0	2	'que'	3	3	153169	0,5
241	34	0	3	'madruga'	7	7	3	0,666666667
242	34	0	4	'Dios'	4	4	1276	0,944444444
243	34	0	5	'lo'	2	2	31481	0,833333333
244	34	0	6	'ayuda.'	5	6	589	0,944444444
245	35	0	1	'Para'	4	4	27646	0
246	35	0	2	'el'	2	2	139594	0
247	35	0	3	'César'	5	5	110	0
248	35	0	4	'lo'	2	2	31481	0,611111111
249	35	0	5	'que'	3	3	153169	0,666666667
250	35	0	6	'es'	2	2	33826	0,722222222

N fila	N Ora.	Tipo Ora	N pal.	Pal.	N car.	Largo	frec	pred
251	35	0	7	'del'	3	3	49124	0,8333333333
252	35	0	8	'César.'	5	6	110	0,9444444444
253	36	2	1	'A'	1	1	91317	0,0555555556
254	36	2	2	'Mario'	5	5	41	0
255	36	2	3	'le'	2	2	18090	0,7222222222
256	36	2	4	'gusta'	5	5	537	0,2777777778
257	36	2	5	'ver'	3	3	2542	0
258	36	2	6	'cine'	4	4	694	0
259	36	2	7	'los'	3	3	83471	0,0555555556
260	36	2	8	'domingos.'	8	9	126	0,3888888889
261	37	0	1	'A'	1	1	91317	0,1666666667
262	37	0	2	'caballo'	7	7	354	0,1111111111
263	37	0	3	'regalado'	8	8	32	0,9444444444
264	37	0	4	'no'	2	2	55505	1
265	37	0	5	'se'	2	2	68448	1
266	37	0	6	'le'	2	2	18090	1
267	37	0	7	'miran'	5	5	80	0,9444444444
268	37	0	8	'los'	3	3	83471	1
269	37	0	9	'dientes.'	7	8	380	1
270	38	1	1	'A'	1	1	91317	0,3333333333
271	38	1	2	'las'	3	3	53823	0,0555555556
272	38	1	3	'hojas'	5	5	264	0
273	38	1	4	'las'	3	3	53823	0,0555555556
274	38	1	5	'amontona'	8	8	6	0
275	38	1	6	'el'	2	2	139594	0,9444444444
276	38	1	7	'viento.'	6	7	395	0,9444444444
277	39	2	1	'A'	1	1	91317	0,0555555556
278	39	2	2	'ella'	4	4	5495	0
279	39	2	3	'le'	2	2	18090	0,8888888889
280	39	2	4	'gustaba'	7	7	289	0
281	39	2	5	'ver'	3	3	2542	0
282	39	2	6	'fotos'	5	5	180	0,0555555556
283	39	2	7	'de'	2	2	264721	0,5555555556
284	39	2	8	'su'	2	2	39522	0,2777777778
285	39	2	9	'infancia.'	8	9	259	0,1666666667
286	40	0	1	'Más'	3	3	20028	0
287	40	0	2	'vale'	4	4	321	0,3333333333
288	40	0	3	'pájaro'	6	6	116	0,8888888889
289	40	0	4	'en'	2	2	116302	1
290	40	0	5	'mano.'	4	5	2168	1
291	40	0	6	'que'	3	3	153169	1
292	40	0	7	'cien'	4	4	301	0,8888888889
293	40	0	8	'volando.'	7	8	44	1
294	41	1	1	'Siganme'	7	7	0	0
295	41	1	2	'que'	3	3	153169	0,2222222222
296	41	1	3	'no'	2	2	55505	1
297	41	1	4	'los'	3	3	83471	1
298	41	1	5	'voy'	3	3	787	1
299	41	1	6	'a'	1	1	91317	1
300	41	1	7	'defraudar.'	9	10	8	0,9444444444

N fila	N Ora.	Tipo Ora	N pal.	Pal.	N car.	Largo	frec	pred
301	42	2	1	'La'	2	2	192476	0,111111111
302	42	2	2	'casa'	4	4	3527	0,111111111
303	42	2	3	'de'	2	2	264721	0,555555556
304	42	2	4	'Martín'	6	6	81	0
305	42	2	5	'tiene'	5	5	4714	0,111111111
306	42	2	6	'un'	2	2	62214	0,277777778
307	42	2	7	'parque'	6	6	199	0,055555556
308	42	2	8	'muy'	3	3	7933	0,388888889
309	42	2	9	'grande.'	6	7	631	0,611111111
310	43	0	1	'Haz'	3	3	79	0
311	43	0	2	'el'	2	2	139594	0,5
312	43	0	3	'bien'	4	4	3744	0,777777778
313	43	0	4	'sin'	3	3	8927	0,611111111
314	43	0	5	'mirar'	5	5	372	0,666666667
315	43	0	6	'a'	1	1	91317	0,833333333
316	43	0	7	'quién.'	5	6	1203	0,666666667
317	44	1	1	'Hay'	3	3	6069	0
318	44	1	2	'que'	3	3	153169	0,444444444
319	44	1	3	'pensar'	6	6	846	0,055555556
320	44	1	4	'antes'	5	5	1632	0,444444444
321	44	1	5	'de'	2	2	264721	0,888888889
322	44	1	6	'hablar.'	6	7	1143	0,611111111
323	45	2	1	'Juan'	4	4	292	0
324	45	2	2	'no'	2	2	55505	0
325	45	2	3	'anda'	4	4	257	0
326	45	2	4	'bien'	4	4	3744	0,333333333
327	45	2	5	'con'	3	3	47170	0,055555556
328	45	2	6	'su'	2	2	39522	0,833333333
329	45	2	7	'pareja.'	6	7	388	0,055555556
330	46	0	1	'Hombre'	6	6	3863	0
331	46	0	2	'prevenido'	9	9	6	0
332	46	0	3	'vale'	4	4	321	0,833333333
333	46	0	4	'por'	3	3	40050	0,888888889
334	46	0	5	'dos.'	3	4	7393	0,833333333
335	47	1	1	'El'	2	2	139594	0,055555556
336	47	1	2	'hombre'	6	6	3863	0,055555556
337	47	1	3	'es'	2	2	33826	0,222222222
338	47	1	4	'un'	2	2	62214	0,555555556
339	47	1	5	'animal'	6	6	409	0,777777778
340	47	1	6	'racional.'	8	9	101	0,111111111
341	48	2	1	'Juan'	4	4	292	0
342	48	2	2	'era'	3	3	11341	0,055555556
343	48	2	3	'una'	3	3	47975	0,166666667
344	48	2	4	'persona'	7	7	962	0,444444444
345	48	2	5	'muy'	3	3	7933	0,722222222
346	48	2	6	'creativa.'	8	9	25	0
347	49	1	1	'El'	2	2	139594	0
348	49	1	2	'perro'	5	5	339	0
349	49	1	3	'enterró'	7	7	9	0
350	49	1	4	'un'	2	2	62214	0,666666667

N fila	N Ora.	Tipo Ora	N pal.	Pal.	N car.	Largo	frec	pred
351	49	1	5	'hueso'	5	5	85	1
352	49	1	6	'en'	2	2	116302	1
353	49	1	7	'el'	2	2	139594	1
354	49	1	8	'patio.'	5	6	271	0,5
355	50	2	1	'La'	2	2	192476	0,222222222
356	50	2	2	'película'	8	8	602	0
357	50	2	3	'terminó'	7	7	181	0
358	50	2	4	'de'	2	2	264721	0
359	50	2	5	'forma'	5	5	2743	0
360	50	2	6	'extraña.'	7	8	317	0,055555556
361	51	0	1	'En'	2	2	116302	0,055555556
362	51	0	2	'boca'	4	4	868	0
363	51	0	3	'cerrada'	7	7	155	0,444444444
364	51	0	4	'no'	2	2	55505	0,944444444
365	51	0	5	'entran'	6	6	98	0,888888889
366	51	0	6	'moscas.'	6	7	66	0,944444444
367	52	1	1	'D"Artagnan'	10	10	5	0
368	52	1	2	'era'	3	3	11341	0,5
369	52	1	3	'amigo'	5	5	887	0,388888889
370	52	1	4	'de'	2	2	264721	0,944444444
371	52	1	5	'los'	3	3	83471	0,666666667
372	52	1	6	'tres'	4	4	3248	0,722222222
373	52	1	7	'mosqueteros.'	11	12	15	0,944444444
374	53	2	1	'Leandro'	7	7	0	0
375	53	2	2	'era'	3	3	11341	0,111111111
376	53	2	3	'el'	2	2	139594	0,055555556
377	53	2	4	'músico'	6	6	41	0
378	53	2	5	'más'	3	3	20028	0,555555556
379	53	2	6	'prestigioso'	11	11	38	0
380	53	2	7	'de'	2	2	264721	0,722222222
381	53	2	8	'la'	2	2	192476	0,722222222
382	53	2	9	'orquesta.'	8	9	52	0,222222222
383	54	0	1	'No'	2	2	55505	0,055555556
384	54	0	2	'por'	3	3	40050	0,055555556
385	54	0	3	'mucho'	5	5	3521	0,611111111
386	54	0	4	'madrugar'	8	8	13	0,666666667
387	54	0	5	'amanece'	7	7	11	0,333333333
388	54	0	6	'más'	3	3	20028	0,722222222
389	54	0	7	'temprano.'	8	9	129	0,888888889
390	55	1	1	'Manuelita'	9	9	0	0
391	55	1	2	'vivía'	5	5	253	0,722222222
392	55	1	3	'en'	2	2	116302	0,944444444
393	55	1	4	'Pehuajó'	7	7	0	0,777777778
394	55	1	5	'pero'	4	4	19472	0,888888889
395	55	1	6	'un'	2	2	62214	1
396	55	1	7	'día'	3	3	3948	0,944444444
397	55	1	8	'se'	2	2	68448	1
398	55	1	9	'marchó.'	6	7	81	0,944444444
399	56	2	1	'Luis'	4	4	173	0
400	56	2	2	'visitó'	6	6	38	0

N fila	N Ora.	Tipo Ora	N pal.	Pal.	N car.	Largo	frec	pred
401	56	2	3	'el'	2	2	139594	0
402	56	2	4	'mes'	3	3	577	0
403	56	2	5	'pasado'	6	6	1804	0,555555556
404	56	2	6	'a'	1	1	91317	0,722222222
405	56	2	7	'unos'	4	4	3611	0
406	56	2	8	'parientes'	9	9	100	0,055555556
407	56	2	9	'de'	2	2	264721	0,166666667
408	56	2	10	'Europa.'	6	7	743	0
409	57	0	1	'No'	2	2	55505	0,055555556
410	57	0	2	'dejes'	5	5	23	0
411	57	0	3	'para'	4	4	27646	0,666666667
412	57	0	4	'mañana'	6	6	1429	0,833333333
413	57	0	5	'lo'	2	2	31481	1
414	57	0	6	'que'	3	3	153169	1
415	57	0	7	'puedas'	6	6	27	0,333333333
416	57	0	8	'hacer'	5	5	3194	1
417	57	0	9	'hoy.'	3	4	2339	1
418	58	1	1	'Estaba'	6	6	4484	0
419	58	1	2	'la'	2	2	192476	0,222222222
420	58	1	3	'reina'	5	5	258	0,111111111
421	58	1	4	'batata'	6	6	2	0,333333333
422	58	1	5	'sentada'	7	7	135	0,666666667
423	58	1	6	'en'	2	2	116302	0,944444444
424	58	1	7	'un'	2	2	62214	0,5
425	58	1	8	'plato'	5	5	173	0,166666667
426	58	1	9	'de'	2	2	264721	0,722222222
427	58	1	10	'plata.'	5	6	267	0,111111111
428	59	2	1	'Laura'	5	5	161	0
429	59	2	2	'me'	2	2	18428	0
430	59	2	3	'recomendó'	9	9	28	0
431	59	2	4	'consultar'	9	9	39	0
432	59	2	5	'urgente'	7	7	79	0
433	59	2	6	'al'	2	2	24975	0,111111111
434	59	2	7	'médico.'	6	7	522	0,888888889
435	60	0	1	'No'	2	2	55505	0,055555556
436	60	0	2	'hay'	3	3	6069	0,277777778
437	60	0	3	'mal'	3	3	1535	0,277777778
438	60	0	4	'que'	3	3	153169	1
439	60	0	5	'por'	3	3	40050	0,888888889
440	60	0	6	'bien'	4	4	3744	0,944444444
441	60	0	7	'no'	2	2	55505	1
442	60	0	8	'venga.'	5	6	219	0,944444444
443	61	1	1	'No'	2	2	55505	0
444	61	1	2	'hagas'	5	5	55	0,055555556
445	61	1	3	'promesas'	8	8	106	0
446	61	1	4	'que'	3	3	153169	0,777777778
447	61	1	5	'no'	2	2	55505	1
448	61	1	6	'puedas'	6	6	27	0,611111111
449	61	1	7	'cumplir.'	7	8	285	0,888888889
450	62	2	1	'Ariel'	5	5	3	0

N fila	N Ora.	Tipo Ora	N pal.	Pal.	N car.	Largo	frec	pred
451	62	2	2	'comenzó'	7	7	461	0
452	62	2	3	'a'	1	1	91317	0,6111111111
453	62	2	4	'trabajar'	8	8	384	0,1111111111
454	62	2	5	'en'	2	2	116302	0,7777777778
455	62	2	6	'el'	2	2	139594	0
456	62	2	7	'negocio.'	7	8	289	0,0555555556
457	63	0	1	'No'	2	2	55505	0
458	63	0	2	'hay'	3	3	6069	0,4444444444
459	63	0	3	'mal'	3	3	1535	0,2777777778
460	63	0	4	'que'	3	3	153169	1
461	63	0	5	'dure'	4	4	24	0,1666666667
462	63	0	6	'cien'	4	4	301	0,7222222222
463	63	0	7	'años.'	4	5	6576	0,8333333333
464	64	1	1	'Ante'	4	4	3116	0
465	64	1	2	'la'	2	2	192476	0,3333333333
466	64	1	3	'duda'	4	4	468	0,3888888889
467	64	1	4	'consulte'	8	8	4	0,2222222222
468	64	1	5	'a'	1	1	91317	0,8888888889
469	64	1	6	'su'	2	2	39522	0,7777777778
470	64	1	7	'médico.'	6	7	522	0,8888888889
471	65	2	1	'No'	2	2	55505	0,1111111111
472	65	2	2	'hay'	3	3	6069	0,3333333333
473	65	2	3	'dudas'	5	5	243	0
474	65	2	4	'de'	2	2	264721	0,3888888889
475	65	2	5	'que'	3	3	153169	0,6666666667
476	65	2	6	'la'	2	2	192476	0,2222222222
477	65	2	7	'empresa'	7	7	649	0
478	65	2	8	'está'	4	4	6102	0,2777777778
479	65	2	9	'creciendo.'	9	10	69	0,1111111111
480	66	1	1	'Caminante'	9	9	7	0
481	66	1	2	'no'	2	2	55505	0,7777777778
482	66	1	3	'hay'	3	3	6069	1
483	66	1	4	'camino,'	6	7	1152	0,9444444444
484	66	1	5	'se'	2	2	68448	0,9444444444
485	66	1	6	'hace'	4	4	4267	0,9444444444
486	66	1	7	'camino'	6	6	1152	0,8888888889
487	66	1	8	'al'	2	2	24975	0,9444444444
488	66	1	9	'andar.'	5	6	241	0,9444444444
489	67	0	1	'En'	2	2	116302	0
490	67	0	2	'el'	2	2	139594	0,1111111111
491	67	0	3	'país'	4	4	1738	0,0555555556
492	67	0	4	'de'	2	2	264721	0,7222222222
493	67	0	5	'los'	3	3	83471	0,1666666667
494	67	0	6	'ciegos'	6	6	97	0,5
495	67	0	7	'el'	2	2	139594	0,6666666667
496	67	0	8	'tuerto'	6	6	12	0,5555555556
497	67	0	9	'es'	2	2	33826	0,9444444444
498	67	0	10	'Rey.'	3	4	755	0,7777777778
499	68	2	1	'En'	2	2	116302	0,2222222222
500	68	2	2	'Londres'	7	7	162	0

N fila	N Ora.	Tipo Ora	N pal.	Pal.	N car.	Largo	frec	pred
501	68	2	3	'el'	2	2	139594	0,111111111
502	68	2	4	'clima'	5	5	207	0,277777778
503	68	2	5	'es'	2	2	33826	1
504	68	2	6	'muy'	3	3	7933	0,611111111
505	68	2	7	'húmedo.'	6	7	81	0,555555556
506	69	0	1	'Al'	2	2	24975	0,111111111
507	69	0	2	'que'	3	3	153169	0,611111111
508	69	0	3	'quiere'	6	6	1232	0,055555556
509	69	0	4	'celeste'	7	7	105	0,611111111
510	69	0	5	'que'	3	3	153169	0,944444444
511	69	0	6	'le'	2	2	18090	0,944444444
512	69	0	7	'cueste.'	6	7	15	1
513	70	1	1	'San'	3	3	95	0
514	70	1	2	'Martín'	6	6	81	0,277777778
515	70	1	3	'cruzó'	5	5	100	0,388888889
516	70	1	4	'los'	3	3	83471	1
517	70	1	5	'Andes'	5	5	22	0,944444444
518	70	1	6	'a'	1	1	91317	0,5
519	70	1	7	'caballo.'	7	8	354	0,833333333
520	71	2	1	'A'	1	1	91317	0,055555556
521	71	2	2	'Miguel'	6	6	259	0
522	71	2	3	'le'	2	2	18090	0,611111111
523	71	2	4	'entregaron'	10	10	17	0
524	71	2	5	'ayer'	4	4	1343	0
525	71	2	6	'el'	2	2	139594	0,333333333
526	71	2	7	'auto'	4	4	97	0,222222222
527	71	2	8	'nuevo.'	5	6	1340	0,5
528	72	1	1	'A'	1	1	91317	0,222222222
529	72	1	2	'Rómulo'	6	6	10	0
530	72	1	3	'y'	1	1	140438	0,444444444
531	72	1	4	'a'	1	1	91317	0,111111111
532	72	1	5	'Remo'	4	4	15	0,888888889
533	72	1	6	'los'	3	3	83471	0,611111111
534	72	1	7	'alimentó'	8	8	7	0,166666667
535	72	1	8	'una'	3	3	47975	1
536	72	1	9	'loba.'	4	5	12	0,944444444
537	73	2	1	'Elisa'	5	5	32	0
538	73	2	2	'nunca'	5	5	3228	0
539	73	2	3	'supo'	4	4	316	0,111111111
540	73	2	4	'cómo'	4	4	2892	0,055555556
541	73	2	5	'resolver'	8	8	196	0
542	73	2	6	'el'	2	2	139594	0,444444444
543	73	2	7	'problema.'	8	9	1176	0,888888889
544	74	0	1	'Sobre'	5	5	8169	0
545	74	0	2	'gustos'	6	6	62	0,166666667
546	74	0	3	'no'	2	2	55505	1
547	74	0	4	'hay'	3	3	6069	1
548	74	0	5	'nada'	4	4	3806	1
549	74	0	6	'escrito.'	7	8	393	0,888888889
550	75	1	1	'Aristóteles'	11	11	69	0

N fila	N Ora.	Tipo Ora	N pal.	Pal.	N car.	Largo	frec	pred
551	75	1	2	'era'	3	3	11341	0,333333333
552	75	1	3	'un'	2	2	62214	0,666666667
553	75	1	4	'filósofo'	8	8	96	NaN
554	75	1	5	'Griego.'	6	7	100	NaN
555	76	2	1	'Ayer'	4	4	1343	0
556	76	2	2	'charlamos'	9	9	7	0,055555556
557	76	2	3	'con'	3	3	47170	0,222222222
558	76	2	4	'Laura'	5	5	161	0
559	76	2	5	'sobre'	5	5	8169	0,611111111
560	76	2	6	'su'	2	2	39522	0,222222222
561	76	2	7	'hija.'	4	5	652	0
562	77	0	1	'Dime'	4	4	62	0
563	77	0	2	'con'	3	3	47170	0,666666667
564	77	0	3	'quién'	5	5	1203	1
565	77	0	4	'andas'	5	5	12	1
566	77	0	5	'y'	1	1	140438	1
567	77	0	6	'te'	2	2	5026	1
568	77	0	7	'diré'	4	4	88	1
569	77	0	8	'quién'	5	5	1203	1
570	77	0	9	'eres.'	4	5	439	0,944444444
571	78	2	1	'Dicen'	5	5	733	0
572	78	2	2	'que'	3	3	153169	0,666666667
573	78	2	3	'Pedro'	5	5	108	0
574	78	2	4	'está'	4	4	6102	0,111111111
575	78	2	5	'saliendo'	8	8	82	0
576	78	2	6	'otra'	4	4	3875	0
577	78	2	7	'vez'	3	3	4170	0,888888889
578	78	2	8	'con'	3	3	47170	0,777777778
579	78	2	9	'Lucía.'	5	6	159	0
580	79	1	1	'Ser'	3	3	8387	0
581	79	1	2	'o'	1	1	18468	0,555555556
582	79	1	3	'no'	2	2	55505	1
583	79	1	4	'ser.'	3	4	8387	1
584	79	1	5	'ésa'	3	3	187	0,722222222
585	79	1	6	'es'	2	2	33826	1
586	79	1	7	'la'	2	2	192476	1
587	79	1	8	'cuestión.'	8	9	573	0,888888889
588	80	0	1	'El'	2	2	139594	0
589	80	0	2	'que'	3	3	153169	0,611111111
590	80	0	3	'se'	2	2	68448	0
591	80	0	4	'va'	2	2	2323	0,111111111
592	80	0	5	'sin'	3	3	8927	0,222222222
593	80	0	6	'que'	3	3	153169	0,722222222
594	80	0	7	'lo'	2	2	31481	0,944444444
595	80	0	8	'echen'	5	5	13	0,611111111
596	80	0	9	'vuelve'	6	6	401	0,888888889
597	80	0	10	'sin'	3	3	8927	0,888888889
598	80	0	11	'que'	3	3	153169	1
599	80	0	12	'lo'	2	2	31481	1
600	80	0	13	'llamen.'	6	7	34	0,944444444

N fila	N Ora.	Tipo Ora	N pal.	Pal.	N car.	Largo	frec	pred
601	81	2	1	'El'	2	2	139594	0,111111111
602	81	2	2	'marido'	6	6	766	0
603	81	2	3	'se'	2	2	68448	0
604	81	2	4	'fue'	3	3	6296	0,444444444
605	81	2	5	'de'	2	2	264721	0,277777778
606	81	2	6	'la'	2	2	192476	0,333333333
607	81	2	7	'casa'	4	4	3527	0,944444444
608	81	2	8	'porque'	6	6	7518	0,111111111
609	81	2	9	'discutió'	8	8	8	0
610	81	2	10	'con'	3	3	47170	0,944444444
611	81	2	11	'su'	2	2	39522	0,777777778
612	81	2	12	'esposa.'	6	7	390	0,333333333
613	82	1	1	'El'	2	2	139594	0
614	82	1	2	'que'	3	3	153169	0,666666667
615	82	1	3	'esté'	4	4	341	0
616	82	1	4	'libre'	5	5	736	0,277777778
617	82	1	5	'de'	2	2	264721	0,833333333
618	82	1	6	'pecado'	6	6	166	0,5
619	82	1	7	'que'	3	3	153169	0,888888889
620	82	1	8	'tire'	4	4	17	0,555555556
621	82	1	9	'la'	2	2	192476	1
622	82	1	10	'primer'	6	6	1949	0,222222222
623	82	1	11	'piedra.'	6	7	361	0,944444444
624	83	0	1	'No'	2	2	55505	0,055555556
625	83	0	2	'está'	4	4	6102	0
626	83	0	3	'muerto'	6	6	691	0,222222222
627	83	0	4	'quien'	5	5	2497	0,888888889
628	83	0	5	'pelea.'	5	6	72	0,666666667
629	84	2	1	'La'	2	2	192476	0,111111111
630	84	2	2	'discusión'	9	9	144	0
631	84	2	3	'de'	2	2	264721	0,277777778
632	84	2	4	'ayer'	4	4	1343	0,222222222
633	84	2	5	'era'	3	3	11341	0
634	84	2	6	'inevitable.'	10	11	195	0
635	85	0	1	'Agua'	4	4	1654	0
636	85	0	2	'que'	3	3	153169	0,833333333
637	85	0	3	'no'	2	2	55505	0,611111111
638	85	0	4	'has'	3	3	659	0,5
639	85	0	5	'de'	2	2	264721	0,888888889
640	85	0	6	'beber'	5	5	166	0,833333333
641	85	0	7	'déjala'	6	6	7	0,722222222
642	85	0	8	'correr.'	6	7	292	0,833333333
643	86	1	1	'El'	2	2	139594	0,111111111
644	86	1	2	'mate'	4	4	62	0
645	86	1	3	'es'	2	2	33826	0,611111111
646	86	1	4	'originario'	10	10	19	0,055555556
647	86	1	5	'de'	2	2	264721	1
648	86	1	6	'la'	2	2	192476	0,055555556
649	86	1	7	'Argentina.'	9	10	173	0,333333333
650	87	2	1	'Daniel'	6	6	31	0

N fila	N Ora.	Tipo Ora	N pal.	Pal.	N car.	Largo	frec	pred
651	87	2	2	'preparó'	7	7	25	0
652	87	2	3	'café'	4	4	434	0
653	87	2	4	'para'	4	4	27646	0,6111111111
654	87	2	5	'sus'	3	3	16990	0,3888888889
655	87	2	6	'amigos.'	6	7	792	0,7222222222
656	88	0	1	'Haz'	3	3	79	0
657	88	0	2	'lo'	2	2	31481	0,2222222222
658	88	0	3	'que'	3	3	153169	0,6666666667
659	88	0	4	'yo'	2	2	7919	0,1666666667
660	88	0	5	'digo'	4	4	712	0,5555555556
661	88	0	6	'mas'	3	3	1200	0,0555555556
662	88	0	7	'no'	2	2	55505	0,8888888889
663	88	0	8	'lo'	2	2	31481	0,8333333333
664	88	0	9	'que'	3	3	153169	0,9444444444
665	88	0	10	'yo'	2	2	7919	0,8888888889
666	88	0	11	'hago.'	4	5	194	0,8888888889
667	89	2	1	'Leandro'	7	7	0	0
668	89	2	2	'no'	2	2	55505	0
669	89	2	3	'aprobó'	6	6	38	0
670	89	2	4	'el'	2	2	139594	0,6666666667
671	89	2	5	'examen'	6	6	142	0,7222222222
672	89	2	6	'de'	2	2	264721	0,8888888889
673	89	2	7	'Física.'	6	7	330	0
674	90	1	1	'Ganarás'	7	7	3	0
675	90	1	2	'el'	2	2	139594	0,1666666667
676	90	1	3	'pan'	3	3	306	0,2777777778
677	90	1	4	'con'	3	3	47170	0,5
678	90	1	5	'el'	2	2	139594	0,7222222222
679	90	1	6	'sudor'	5	5	153	0,8333333333
680	90	1	7	'de'	2	2	264721	1
681	90	1	8	'tu'	2	2	1999	0,9444444444
682	90	1	9	'frente.'	6	7	779	1
683	91	0	1	'Cuentas'	7	7	204	0
684	91	0	2	'claras'	6	6	96	0,6111111111
685	91	0	3	'conservan'	9	9	56	0,7777777778
686	91	0	4	'la'	2	2	192476	0,7777777778
687	91	0	5	'amistad.'	7	8	220	0,9444444444
688	92	0	1	'Hablando'	8	8	382	0
689	92	0	2	'de'	2	2	264721	0,6111111111
690	92	0	3	'Roma'	4	4	187	0,5555555556
691	92	0	4	'el'	2	2	139594	0,5555555556
692	92	0	5	'burro'	5	5	78	0,5
693	92	0	6	'se'	2	2	68448	0,8888888889
694	92	0	7	'asoma.'	5	6	51	0,8333333333
695	93	2	1	'No'	2	2	55505	0,1111111111
696	93	2	2	'fueron'	6	6	1447	0
697	93	2	3	'claras'	6	6	96	0
698	93	2	4	'las'	3	3	53823	0,8888888889
699	93	2	5	'cuentas'	7	7	204	0,2222222222
700	93	2	6	'de'	2	2	264721	0,3888888889

N fila	N Ora.	Tipo Ora	N pal.	Pal.	N car.	Largo	frec	pred
701	93	2	7	'la'	2	2	192476	0,444444444
702	93	2	8	'empresa.'	7	8	649	0,166666667
703	94	0	1	'Dos'	3	3	7393	0
704	94	0	2	'son'	3	3	7468	0,277777778
705	94	0	3	'compañía'	8	8	454	0
706	94	0	4	'tres'	4	4	3248	0,722222222
707	94	0	5	'son'	3	3	7468	1
708	94	0	6	'multitud.'	8	9	171	0,888888889
709	95	0	1	'Mejor'	5	5	2646	0
710	95	0	2	'solo'	4	4	1156	0,055555556
711	95	0	3	'que'	3	3	153169	0,833333333
712	95	0	4	'mal'	3	3	1535	1
713	95	0	5	'acompañado.'	10	11	132	0,888888889
714	96	2	1	'Los'	3	3	83471	0,055555556
715	96	2	2	'amigos'	6	6	792	0
716	96	2	3	'lo'	2	2	31481	0
717	96	2	4	'acompañaron'	11	11	16	0,055555556
718	96	2	5	'en'	2	2	116302	0,111111111
719	96	2	6	'ese'	3	3	4406	0
720	96	2	7	'momento.'	7	8	2657	0,333333333
721	97	0	1	'El'	2	2	139594	0
722	97	0	2	'diablo'	6	6	89	0
723	97	0	3	'sabe'	4	4	1590	0,555555556
724	97	0	4	'más'	3	3	20028	0,5
725	97	0	5	'por'	3	3	40050	0,833333333
726	97	0	6	'viejo'	5	5	938	0,611111111
727	97	0	7	'que'	3	3	153169	0,944444444
728	97	0	8	'por'	3	3	40050	0,888888889
729	97	0	9	'diablo.'	6	7	89	0,777777778
730	98	1	1	'Lucifer'	7	7	7	0
731	98	1	2	'es'	2	2	33826	1
732	98	1	3	'uno'	3	3	4661	0
733	98	1	4	'de'	2	2	264721	0,944444444
734	98	1	5	'los'	3	3	83471	1
735	98	1	6	'nombres'	7	7	450	0,111111111
736	98	1	7	'del'	3	3	49124	0,722222222
737	98	1	8	'diablo.'	6	7	89	0,777777778
738	99	0	1	'El'	2	2	139594	0,055555556
739	99	0	2	'que'	3	3	153169	0,777777778
740	99	0	3	'a'	1	1	91317	0,055555556
741	99	0	4	'hierro'	6	6	113	0,222222222
742	99	0	5	'mata'	4	4	93	0,444444444
743	99	0	6	'a'	1	1	91317	0,833333333
744	99	0	7	'hierro'	6	6	113	0,833333333
745	99	0	8	'muere.'	5	6	139	1
746	100	1	1	'La'	2	2	192476	0,166666667
747	100	1	2	'Pampa'	5	5	15	0
748	100	1	3	'tiene'	5	5	4714	0,388888889
749	100	1	4	'el'	2	2	139594	0,666666667
750	100	1	5	'ombú'	4	4	4	0,722222222

N fila	N Ora.	Tipo Ora	N pal.	Pal.	N car.	Largo	frec	pred
751	100	1	6	'y'	1	1	140438	0,5
752	100	1	7	'los'	3	3	83471	0
753	100	1	8	'Andes'	5	5	22	0,055555556
754	100	1	9	'la'	2	2	192476	0,277777778
755	100	1	10	'cordillera.'	10	11	21	0,333333333
756	101	2	1	'El'	2	2	139594	0
757	101	2	2	'artesano'	8	8	14	0
758	101	2	3	'hizo'	4	4	1627	0,055555556
759	101	2	4	'una'	3	3	47975	0,5
760	101	2	5	'flecha'	6	6	25	0
761	101	2	6	'con'	3	3	47170	0,222222222
762	101	2	7	'punta'	5	5	232	0
763	101	2	8	'de'	2	2	264721	0,777777778
764	101	2	9	'hierro.'	6	7	113	0,111111111
765	102	0	1	'Me'	2	2	18428	0
766	102	0	2	'extraña'	7	7	317	0
767	102	0	3	'dijo'	4	4	3430	0,055555556
768	102	0	4	'la'	2	2	192476	0,722222222
769	102	0	5	'araña.'	5	6	39	0,777777778
770	102	0	6	'que'	3	3	153169	0,722222222
771	102	0	7	'siendo'	6	6	845	0,666666667
772	102	0	8	'mosca'	5	5	60	0,666666667
773	102	0	9	'no'	2	2	55505	0,888888889
774	102	0	10	'me'	2	2	18428	0,777777778
775	102	0	11	'conozcas.'	8	9	3	0,444444444
776	103	1	1	'A'	1	1	91317	0,111111111
777	103	1	2	'Pinocho'	7	7	7	0
778	103	1	3	'le'	2	2	18090	0,722222222
779	103	1	4	'crecía'	6	6	59	0,111111111
780	103	1	5	'la'	2	2	192476	1
781	103	1	6	'nariz'	5	5	296	1
782	103	1	7	'cada'	4	4	4388	0,166666667
783	103	1	8	'vez'	3	3	4170	1
784	103	1	9	'que'	3	3	153169	0,944444444
785	103	1	10	'mentía.'	6	7	15	0,944444444
786	104	2	1	'La'	2	2	192476	0,166666667
787	104	2	2	'picadura'	8	8	9	0
788	104	2	3	'de'	2	2	264721	0,833333333
789	104	2	4	'ciertas'	7	7	380	0
790	104	2	5	'arañas'	6	6	20	0,333333333
791	104	2	6	'puede'	5	5	5454	0,166666667
792	104	2	7	'ser'	3	3	8387	0,444444444
793	104	2	8	'mortal.'	6	7	114	0,777777778
794	105	0	1	'Tanto'	5	5	2482	0
795	105	0	2	'va'	2	2	2323	0,5
796	105	0	3	'el'	2	2	139594	0,666666667
797	105	0	4	'cántaro'	7	7	9	0,611111111
798	105	0	5	'a'	1	1	91317	0,611111111
799	105	0	6	'la'	2	2	192476	0,722222222
800	105	0	7	'fuente.'	6	7	270	0,666666667

N fila	N Ora.	Tipo Ora	N pal.	Pal.	N car.	Largo	frec	pred
801	105	0	8	'que'	3	3	153169	0,888888889
802	105	0	9	'al'	2	2	24975	0,5
803	105	0	10	'final'	5	5	1374	0,666666667
804	105	0	11	'se'	2	2	68448	0,777777778
805	105	0	12	'rompe.'	5	6	83	0,666666667
806	106	1	1	'El'	2	2	139594	0
807	106	1	2	'Rey'	3	3	755	0
808	106	1	3	'Arturo'	6	6	18	0,055555556
809	106	1	4	'y'	1	1	140438	0,111111111
810	106	1	5	'los'	3	3	83471	0,277777778
811	106	1	6	'caballeros'	10	10	95	0,833333333
812	106	1	7	'de'	2	2	264721	1
813	106	1	8	'la'	2	2	192476	1
814	106	1	9	'mesa'	4	4	964	0,944444444
815	106	1	10	'redonda.'	7	8	64	0,888888889
816	107	2	1	'Tanto'	5	5	2482	0
817	107	2	2	'insistió'	8	8	116	0
818	107	2	3	'con'	3	3	47170	0
819	107	2	4	'eso'	3	3	3420	0,111111111
820	107	2	5	'que'	3	3	153169	0,944444444
821	107	2	6	'al'	2	2	24975	0,611111111
822	107	2	7	'final'	5	5	1374	0,833333333
823	107	2	8	'se'	2	2	68448	0,222222222
824	107	2	9	'lo'	2	2	31481	0,277777778
825	107	2	10	'dieron.'	6	7	241	0,388888889
826	108	0	1	'Gato'	4	4	211	0
827	108	0	2	'con'	3	3	47170	0,555555556
828	108	0	3	'guantes'	7	7	56	0,277777778
829	108	0	4	'no'	2	2	55505	0,944444444
830	108	0	5	'caza'	4	4	143	0,611111111
831	108	0	6	'ratones.'	7	8	43	0,722222222
832	109	1	1	'El'	2	2	139594	0,055555556
833	109	1	2	'gato'	4	4	211	0
834	109	1	3	'atrapó'	6	6	9	0
835	109	1	4	'muchos'	6	6	2143	0
836	109	1	5	'ratones.'	7	8	43	1
837	110	2	1	'El'	2	2	139594	0,166666667
838	110	2	2	'mago'	4	4	38	0
839	110	2	3	'hizo'	4	4	1627	0,277777778
840	110	2	4	'trucos'	6	6	39	0,055555556
841	110	2	5	'con'	3	3	47170	0,166666667
842	110	2	6	'cartas.'	6	7	349	0,166666667
843	111	0	1	'Los'	3	3	83471	0,111111111
844	111	0	2	'niños'	5	5	1092	0
845	111	0	3	'y'	1	1	140438	0
846	111	0	4	'los'	3	3	83471	0,555555556
847	111	0	5	'borrachos'	9	9	44	0,111111111
848	111	0	6	'siempre'	7	7	4839	0,166666667
849	111	0	7	'dicen'	5	5	733	0,833333333
850	111	0	8	'la'	2	2	192476	0,833333333

N fila	N Ora.	Tipo Ora	N pal.	Pal.	N car.	Largo	frec	pred
851	111	0	9	'verdad.'	6	7	1743	0,9444444444
852	112	2	1	'Los'	3	3	83471	0,1111111111
853	112	2	2	'niños'	5	5	1092	0,1111111111
854	112	2	3	'se'	2	2	68448	0
855	112	2	4	'asustaron'	9	9	2	0
856	112	2	5	'cuando'	6	6	10075	0,3333333333
857	112	2	6	'vieron'	6	6	138	0,4444444444
858	112	2	7	'a'	1	1	91317	0,1666666667
859	112	2	8	'los'	3	3	83471	0,0555555556
860	112	2	9	'leones.'	6	7	47	0,0555555556
861	113	0	1	'No'	2	2	55505	0
862	113	0	2	'molestes.'	8	9	4	0
863	113	0	3	'que'	3	3	153169	0,1111111111
864	113	0	4	'el'	2	2	139594	0
865	113	0	5	'horno'	5	5	40	0,1666666667
866	113	0	6	'no'	2	2	55505	0,9444444444
867	113	0	7	'está'	4	4	6102	0,9444444444
868	113	0	8	'para'	4	4	27646	0,9444444444
869	113	0	9	'bollos.'	6	7	7	0,8333333333
870	114	2	1	'En'	2	2	116302	0,1111111111
871	114	2	2	'la'	2	2	192476	0,3333333333
872	114	2	3	'escuela'	7	7	318	0
873	114	2	4	'los'	3	3	83471	0,0555555556
874	114	2	5	'alumnos'	7	7	165	0,1111111111
875	114	2	6	'aprenden'	8	8	25	0,3888888889
876	114	2	7	'a'	1	1	91317	0,5555555556
877	114	2	8	'compartir.'	9	10	103	0
878	115	1	1	'En'	2	2	116302	0,1111111111
879	115	1	2	'el'	2	2	139594	0,1111111111
880	115	1	3	'horno'	5	5	40	0
881	115	1	4	'de'	2	2	264721	0,0555555556
882	115	1	5	'la'	2	2	192476	0,2777777778
883	115	1	6	'panadería'	9	9	10	0,4444444444
884	115	1	7	'cocinan'	7	7	7	0
885	115	1	8	'el'	2	2	139594	0,2222222222
886	115	1	9	'pan.'	3	4	306	1
887	116	0	1	'Aunque'	6	6	4457	0
888	116	0	2	'la'	2	2	192476	0,0555555556
889	116	0	3	'mona'	4	4	57	0,0555555556
890	116	0	4	'se'	2	2	68448	0,8888888889
891	116	0	5	'vista'	5	5	870	0,8333333333
892	116	0	6	'de'	2	2	264721	0,9444444444
893	116	0	7	'seda.'	4	5	136	0,7222222222
894	116	0	8	'mona'	4	4	57	0,8888888889
895	116	0	9	'queda.'	5	6	892	0,7777777778
896	117	0	1	'A'	1	1	91317	0,1111111111
897	117	0	2	'papá'	4	4	256	0
898	117	0	3	'mono'	4	4	102	0,2777777778
899	117	0	4	'con'	3	3	47170	0,6111111111
900	117	0	5	'bananas'	7	7	6	0,4444444444

N fila	N Ora.	Tipo Ora	N pal.	Pal.	N car.	Largo	frec	pred
901	117	0	6	'verdes.'	6	7	197	0,555555556
902	118	2	1	'A'	1	1	91317	0,166666667
903	118	2	2	'Luis'	4	4	173	0
904	118	2	3	'no'	2	2	55505	0,111111111
905	118	2	4	'lo'	2	2	31481	0,111111111
906	118	2	5	'engañan'	7	7	18	0,055555556
907	118	2	6	'con'	3	3	47170	0,611111111
908	118	2	7	'ese'	3	3	4406	0
909	118	2	8	'viejo'	5	5	938	0
910	118	2	9	'truco.'	5	6	51	0,222222222
911	119	0	1	'Quien'	5	5	2497	0
912	119	0	2	'con'	3	3	47170	0
913	119	0	3	'niños'	5	5	1092	0,277777778
914	119	0	4	'se'	2	2	68448	0,5
915	119	0	5	'acuesta.'	7	8	20	0,555555556
916	119	0	6	'amanece'	7	7	11	0,611111111
917	119	0	7	'mojado.'	6	7	41	0,777777778
918	120	1	1	'Los'	3	3	83471	0,055555556
919	120	1	2	'Reyes'	5	5	130	0
920	120	1	3	'Magos'	5	5	20	0,388888889
921	120	1	4	'dejaron'	7	7	164	0
922	120	1	5	'regalos'	7	7	80	0,611111111
923	120	1	6	'para'	4	4	27646	0,388888889
924	120	1	7	'los'	3	3	83471	0,611111111
925	120	1	8	'niños.'	5	6	1092	0,777777778
926	121	2	1	'Los'	3	3	83471	0,166666667
927	121	2	2	'hijos'	5	5	958	0
928	121	2	3	'de'	2	2	264721	0,944444444
929	121	2	4	'Juan'	4	4	292	0
930	121	2	5	'estudiaron'	10	10	13	0
931	121	2	6	'durante'	7	7	2992	0
932	121	2	7	'las'	3	3	53823	0,333333333
933	121	2	8	'vacaciones.'	10	11	208	0,722222222
934	122	0	1	'A'	1	1	91317	0,055555556
935	122	0	2	'buen'	4	4	1165	0,055555556
936	122	0	3	'entendedor'	10	10	5	0,5
937	122	0	4	'pocas'	5	5	428	0,611111111
938	122	0	5	'palabras.'	8	9	1431	0,944444444
939	123	1	1	'Mejor'	5	5	2646	0
940	123	1	2	'no'	2	2	55505	0,055555556
941	123	1	3	'hablar'	6	6	1143	0,555555556
942	123	1	4	'de'	2	2	264721	0,833333333
943	123	1	5	'ciertas'	7	7	380	0,5
944	123	1	6	'cosas.'	5	6	2741	1
945	124	2	1	'A'	1	1	91317	0,111111111
946	124	2	2	'Luis'	4	4	173	0
947	124	2	3	'le'	2	2	18090	0,666666667
948	124	2	4	'cuesta'	6	6	229	0
949	124	2	5	'entender'	8	8	430	0,111111111
950	124	2	6	'algunas'	7	7	1193	0

N fila	N Ora.	Tipo Ora	N pal.	Pal.	N car.	Largo	frec	pred
951	124	2	7	'palabras.'	8	9	1431	0,111111111
952	125	0	1	'La'	2	2	192476	0,055555556
953	125	0	2	'casa'	4	4	3527	0,277777778
954	125	0	3	'es'	2	2	33826	0
955	125	0	4	'chica'	5	5	424	0,055555556
956	125	0	5	'pero'	4	4	19472	0,611111111
957	125	0	6	'el'	2	2	139594	0,833333333
958	125	0	7	'corazón'	7	7	848	0,888888889
959	125	0	8	'es'	2	2	33826	0,833333333
960	125	0	9	'grande.'	6	7	631	1
961	126	1	1	'El'	2	2	139594	0,111111111
962	126	1	2	'corazón'	7	7	848	0,055555556
963	126	1	3	'es'	2	2	33826	0,277777778
964	126	1	4	'un'	2	2	62214	0,388888889
965	126	1	5	'músculo'	7	7	53	0,555555556
966	126	1	6	'que'	3	3	153169	0,222222222
967	126	1	7	'bombee'	6	6	9	0,111111111
968	126	1	8	'sangre.'	6	7	1033	0,777777778
969	127	2	1	'El'	2	2	139594	0
970	127	2	2	'hermano'	7	7	559	0
971	127	2	3	'de'	2	2	264721	0,888888889
972	127	2	4	'Martín'	6	6	81	0
973	127	2	5	'es'	2	2	33826	0,666666667
974	127	2	6	'un'	2	2	62214	0,222222222
975	127	2	7	'médico'	6	6	522	0
976	127	2	8	'muy'	3	3	7933	0,277777778
977	127	2	9	'prestigioso.'	11	12	38	0
978	128	0	1	'La'	2	2	192476	0,111111111
979	128	0	2	'ropa'	4	4	405	0
980	128	0	3	'sucia'	5	5	90	0,055555556
981	128	0	4	'se'	2	2	68448	0,666666667
982	128	0	5	'lava'	4	4	45	0,666666667
983	128	0	6	'en'	2	2	116302	0,722222222
984	128	0	7	'casa.'	4	5	3527	0,611111111
985	129	1	1	'Si'	2	2	10060	0
986	129	1	2	'quieres'	7	7	318	0,111111111
987	129	1	3	'resultados'	10	10	628	0
988	129	1	4	'distintos'	9	9	444	0
989	129	1	5	'no'	2	2	55505	0,111111111
990	129	1	6	'hagas'	5	5	55	0,333333333
991	129	1	7	'siempre'	7	7	4839	0,166666667
992	129	1	8	'lo'	2	2	31481	0,944444444
993	129	1	9	'mismo.'	5	6	4040	1
994	130	2	1	'Las'	3	3	53823	0
995	130	2	2	'hijas'	5	5	156	0
996	130	2	3	'de'	2	2	264721	0,944444444
997	130	2	4	'Pedro'	5	5	108	0,055555556
998	130	2	5	'estudiaban'	10	10	8	0
999	130	2	6	'Ingeniería'	10	10	95	0
1000	130	2	7	'Química'	7	7	159	0,111111111

N fila	N Ora.	Tipo Ora	N pal.	Pal.	N car.	Largo	frec	pred
1001	130	2	8	'e'	1	1	3299	0
1002	130	2	9	'Industrial.'	10	11	247	0,277777778
1003	131	0	1	'El'	2	2	139594	0,055555556
1004	131	0	2	'que'	3	3	153169	0,5
1005	131	0	3	'ríe'	3	3	57	0
1006	131	0	4	'último'	6	6	1103	0,777777778
1007	131	0	5	'ríe'	3	3	57	1
1008	131	0	6	'mejor.'	5	6	2646	1
1009	132	0	1	'Cada'	4	4	4388	0
1010	132	0	2	'loco'	4	4	273	0
1011	132	0	3	'con'	3	3	47170	1
1012	132	0	4	'su'	2	2	39522	0,944444444
1013	132	0	5	'tema.'	4	5	745	1
1014	133	2	1	'Marcela'	7	7	14	0
1015	133	2	2	'siempre'	7	7	4839	0,055555556
1016	133	2	3	'ríe'	3	3	57	0
1017	133	2	4	'y'	1	1	140438	0,055555556
1018	133	2	5	'está'	4	4	6102	0,166666667
1019	133	2	6	'de'	2	2	264721	0,222222222
1020	133	2	7	'buen'	4	4	1165	0,777777778
1021	133	2	8	'humor.'	5	6	230	1
1022	134	0	1	'Si'	2	2	10060	0,055555556
1023	134	0	2	'Mahoma'	6	6	8	0
1024	134	0	3	'no'	2	2	55505	0,888888889
1025	134	0	4	'va'	2	2	2323	0,833333333
1026	134	0	5	'a'	1	1	91317	1
1027	134	0	6	'la'	2	2	192476	0,944444444
1028	134	0	7	'montaña.'	7	8	193	0,944444444
1029	134	0	8	'la'	2	2	192476	0,888888889
1030	134	0	9	'montaña'	7	7	193	0,944444444
1031	134	0	10	'va'	2	2	2323	0,833333333
1032	134	0	11	'a'	1	1	91317	1
1033	134	0	12	'Mahoma.'	6	7	8	1
1034	135	1	1	'Mambrú'	6	6	0	0
1035	135	1	2	'se'	2	2	68448	0,888888889
1036	135	1	3	'fue'	3	3	6296	0,944444444
1037	135	1	4	'a'	1	1	91317	1
1038	135	1	5	'la'	2	2	192476	1
1039	135	1	6	'guerra'	6	6	1409	0,888888889
1040	135	1	7	'y'	1	1	140438	0,444444444
1041	135	1	8	'no'	2	2	55505	0,722222222
1042	135	1	9	'sé'	2	2	1625	NaN
1043	135	1	10	'cuando'	6	6	10075	NaN
1044	135	1	11	'vendrá.'	6	7	59	NaN
1045	136	2	1	'Este'	4	4	7734	0
1046	136	2	2	'año'	3	3	1926	0,111111111
1047	136	2	3	'iremos'	6	6	24	0
1048	136	2	4	'de'	2	2	264721	0,277777778
1049	136	2	5	'vacaciones'	10	10	208	0,555555556
1050	136	2	6	'a'	1	1	91317	0,944444444

N fila	N Ora.	Tipo Ora	N pal.	Pal.	N car.	Largo	frec	pred
1051	136	2	7	'la'	2	2	192476	0,555555556
1052	136	2	8	'montaña.'	7	8	193	0,111111111
1053	137	0	1	'Es'	2	2	33826	0
1054	137	0	2	'mejor'	5	5	2646	0,333333333
1055	137	0	3	'prevenir'	8	8	78	0,055555556
1056	137	0	4	'que'	3	3	153169	1
1057	137	0	5	'curar.'	5	6	57	0,944444444
1058	138	1	1	'Lo'	2	2	31481	0,111111111
1059	138	1	2	'esencial'	8	8	194	0
1060	138	1	3	'es'	2	2	33826	0,777777778
1061	138	1	4	'invisible'	9	9	113	0,611111111
1062	138	1	5	'a'	1	1	91317	0,944444444
1063	138	1	6	'los'	3	3	83471	0,944444444
1064	138	1	7	'ojos.'	4	5	2718	1
1065	139	2	1	'La'	2	2	192476	0,166666667
1066	139	2	2	'madre'	5	5	2131	0
1067	139	2	3	'de'	2	2	264721	0,888888889
1068	139	2	4	'Mariela'	7	7	0	0
1069	139	2	5	'es'	2	2	33826	0,722222222
1070	139	2	6	'una'	3	3	47975	0,222222222
1071	139	2	7	'muy'	3	3	7933	0
1072	139	2	8	'buena'	5	5	1168	0,888888889
1073	139	2	9	'repostera.'	9	10	0	0
1074	140	0	1	'De'	2	2	264721	0,111111111
1075	140	0	2	'noche'	5	5	2272	0
1076	140	0	3	'todos'	5	5	5830	0,222222222
1077	140	0	4	'los'	3	3	83471	0,722222222
1078	140	0	5	'gatos'	5	5	112	0,722222222
1079	140	0	6	'son'	3	3	7468	0,777777778
1080	140	0	7	'negros.'	6	7	367	0
1081	141	2	1	'Durante'	7	7	2992	0
1082	141	2	2	'la'	2	2	192476	0,666666667
1083	141	2	3	'noche'	5	5	2272	0,277777778
1084	141	2	4	'algunos'	7	7	2335	0
1085	141	2	5	'felinos'	7	7	15	0
1086	141	2	6	'salen'	5	5	159	0,333333333
1087	141	2	7	'a'	1	1	91317	0,722222222
1088	141	2	8	'cazar.'	5	6	43	0,722222222
1089	142	1	1	'El'	2	2	139594	0,055555556
1090	142	1	2	'arco'	4	4	128	0
1091	142	1	3	'iris'	4	4	35	0
1092	142	1	4	'se'	2	2	68448	0
1093	142	1	5	'forma'	5	5	2743	0,222222222
1094	142	1	6	'luego'	5	5	2052	0,055555556
1095	142	1	7	'de'	2	2	264721	1
1096	142	1	8	'la'	2	2	192476	0,666666667
1097	142	1	9	'lluvia.'	6	7	333	0,944444444
1098	143	0	1	'Lo'	2	2	31481	0,166666667
1099	143	0	2	'que'	3	3	153169	0,555555556
1100	143	0	3	'no'	2	2	55505	0,222222222

N fila	N Ora.	Tipo Ora	N pal.	Pal.	N car.	Largo	frec	pred
1101	143	0	4	'me'	2	2	18428	0,055555556
1102	143	0	5	'mata,'	4	5	93	0,388888889
1103	143	0	6	'me'	2	2	18428	1
1104	143	0	7	'hace'	4	4	4267	0,833333333
1105	143	0	8	'más'	3	3	20028	0,888888889
1106	143	0	9	'fuerte.'	6	7	708	0,888888889
1107	144	1	1	'No'	2	2	55505	0
1108	144	1	2	'te'	2	2	5026	0
1109	144	1	3	'des'	3	3	76	0
1110	144	1	4	'por'	3	3	40050	0,722222222
1111	144	1	5	'vencido'	7	7	81	0,944444444
1112	144	1	6	'ni'	2	2	6248	0,722222222
1113	144	1	7	'aún'	3	3	2271	0,833333333
1114	144	1	8	'vencido.'	7	8	81	0,888888889
1115	145	2	1	'El'	2	2	139594	0,111111111
1116	145	2	2	'remedio'	7	7	276	0
1117	145	2	3	'casero'	6	6	18	0
1118	145	2	4	'le'	2	2	18090	0
1119	145	2	5	'hizo'	4	4	1627	0,166666667
1120	145	2	6	'mal'	3	3	1535	0,277777778
1121	145	2	7	'y'	1	1	140438	0,111111111
1122	145	2	8	'casi'	4	4	3350	0
1123	145	2	9	'lo'	2	2	31481	0,5
1124	145	2	10	'mata.'	4	5	93	0,777777778
1125	146	1	1	'Hasta'	5	5	6432	0
1126	146	1	2	'aquí'	4	4	2592	0
1127	146	1	3	'llegó'	5	5	970	0,277777778
1128	146	1	4	'mi'	2	2	9447	0,555555556
1129	146	1	5	'amor.'	4	5	1498	0,444444444
1130	147	0	1	'No'	2	2	55505	0
1131	147	0	2	'todo'	4	4	7722	0
1132	147	0	3	'lo'	2	2	31481	0,722222222
1133	147	0	4	'que'	3	3	153169	0,944444444
1134	147	0	5	'brilla'	6	6	36	0,666666667
1135	147	0	6	'es'	2	2	33826	1
1136	147	0	7	'oro.'	3	4	504	0,944444444
1137	148	2	1	'El'	2	2	139594	0
1138	148	2	2	'oro'	3	3	504	0
1139	148	2	3	'es'	2	2	33826	0,611111111
1140	148	2	4	'un'	2	2	62214	0,555555556
1141	148	2	5	'metal'	5	5	103	0,611111111
1142	148	2	6	'muy'	3	3	7933	0,111111111
1143	148	2	7	'codiciado.'	9	10	11	0,055555556
1144	149	1	1	'El'	2	2	139594	0,166666667
1145	149	1	2	'fumar'	5	5	167	0
1146	149	1	3	'es'	2	2	33826	0,944444444
1147	149	1	4	'perjudicial'	11	11	34	0,888888889
1148	149	1	5	'para'	4	4	27646	0,888888889
1149	149	1	6	'la'	2	2	192476	1
1150	149	1	7	'salud.'	5	6	446	1

N fila	N Ora.	Tipo Ora	N pal.	Pal.	N car.	Largo	frec	pred
1151	150	0	1	'Unos'	4	4	3611	0
1152	150	0	2	'nacen'	5	5	67	0
1153	150	0	3	'con'	3	3	47170	0,555555556
1154	150	0	4	'estrellas'	9	9	317	0,055555556
1155	150	0	5	'y'	1	1	140438	0,888888889
1156	150	0	6	'otros'	5	5	3522	1
1157	150	0	7	'nacen'	5	5	67	0,722222222
1158	150	0	8	'estrellados.'	11	12	5	0,777777778
1159	151	2	1	'Algunos'	7	7	2335	0
1160	151	2	2	'días'	4	4	2332	0
1161	151	2	3	'el'	2	2	139594	0
1162	151	2	4	'cielo'	5	5	620	0
1163	151	2	5	'está'	4	4	6102	0,277777778
1164	151	2	6	'todo'	4	4	7722	0
1165	151	2	7	'estrellado.'	10	11	16	0
1166	152	0	1	'Cuatro'	6	6	1703	0
1167	152	0	2	'ojos'	4	4	2718	0,055555556
1168	152	0	3	'ven'	3	3	318	0,833333333
1169	152	0	4	'más'	3	3	20028	0,722222222
1170	152	0	5	'que'	3	3	153169	1
1171	152	0	6	'dos.'	3	4	7393	1
1172	153	1	1	'Quién'	5	5	1203	0
1173	153	1	2	'se'	2	2	68448	0
1174	153	1	3	'ha'	2	2	13826	0,055555556
1175	153	1	4	'tomado'	6	6	224	0,277777778
1176	153	1	5	'todo'	4	4	7722	0,888888889
1177	153	1	6	'el'	2	2	139594	0,944444444
1178	153	1	7	'vino.'	4	5	716	1
1179	154	2	1	'Juan'	4	4	292	0
1180	154	2	2	'tiene'	5	5	4714	0,055555556
1181	154	2	3	'muy'	3	3	7933	0
1182	154	2	4	'poca'	4	4	248	0
1183	154	2	5	'visión'	6	6	388	0
1184	154	2	6	'en'	2	2	116302	0
1185	154	2	7	'ambos'	5	5	783	0
1186	154	2	8	'ojos.'	4	5	2718	0,833333333
1187	155	0	1	'El'	2	2	139594	0
1188	155	0	2	'ojo'	3	3	399	0,055555556
1189	155	0	3	'del'	3	3	49124	0,055555556
1190	155	0	4	'amo'	3	3	123	0,055555556
1191	155	0	5	'engorda'	7	7	15	0,333333333
1192	155	0	6	'el'	2	2	139594	0,333333333
1193	155	0	7	'ganado.'	6	7	261	0,5
1194	156	1	1	'En'	2	2	116302	0,055555556
1195	156	1	2	'el'	2	2	139594	0,111111111
1196	156	1	3	'tambo'	5	5	0	0
1197	156	1	4	'ordeñan'	7	7	0	0
1198	156	1	5	'a'	1	1	91317	0,333333333
1199	156	1	6	'las'	3	3	53823	1
1200	156	1	7	'vacas.'	5	6	77	1

N fila	N Ora.	Tipo Ora	N pal.	Pal.	N car.	Largo	frec	pred
1201	157	2	1	'El'	2	2	139594	0
1202	157	2	2	'patrón'	6	6	123	0
1203	157	2	3	'le'	2	2	18090	0
1204	157	2	4	'ordenó'	6	6	151	0,111111111
1205	157	2	5	'a'	1	1	91317	0,277777778
1206	157	2	6	'la'	2	2	192476	0
1207	157	2	7	'criada'	6	6	80	0
1208	157	2	8	'callarse.'	8	9	6	0
1209	158	0	1	'No'	2	2	55505	0,055555556
1210	158	0	2	'se'	2	2	68448	0,111111111
1211	158	0	3	'debe'	4	4	1789	0,111111111
1212	158	0	4	'escupir'	7	7	16	0
1213	158	0	5	'al'	2	2	24975	0,111111111
1214	158	0	6	'cielo.'	5	6	620	0,444444444
1215	159	2	1	'Él'	2	2	5809	0
1216	159	2	2	'se'	2	2	68448	0,055555556
1217	159	2	3	'encontró'	8	8	277	0
1218	159	2	4	'con'	3	3	47170	0,833333333
1219	159	2	5	'María'	5	5	191	0
1220	159	2	6	'el'	2	2	139594	0
1221	159	2	7	'otro'	4	4	4462	0
1222	159	2	8	'día.'	3	4	3948	0,944444444
1223	160	1	1	'No'	2	2	55505	0,055555556
1224	160	1	2	'desearás'	8	8	0	0
1225	160	1	3	'a'	1	1	91317	0,555555556
1226	160	1	4	'la'	2	2	192476	0,777777778
1227	160	1	5	'mujer'	5	5	2763	0,888888889
1228	160	1	6	'de'	2	2	264721	0,944444444
1229	160	1	7	'tu'	2	2	1999	0,833333333
1230	160	1	8	'prójimo.'	7	8	59	0,944444444
1231	161	0	1	'En'	2	2	116302	0,222222222
1232	161	0	2	'todas'	5	5	2694	0
1233	161	0	3	'partes'	6	6	508	0,111111111
1234	161	0	4	'se'	2	2	68448	0,611111111
1235	161	0	5	'cucen'	6	6	12	0,388888889
1236	161	0	6	'habas.'	5	6	18	0,666666667
1237	162	2	1	'En'	2	2	116302	0,111111111
1238	162	2	2	'su'	2	2	39522	0
1239	162	2	3	'casa'	4	4	3527	0,833333333
1240	162	2	4	'siempre'	7	7	4839	0
1241	162	2	5	'hacen'	5	5	866	0
1242	162	2	6	'comidas'	7	7	81	0
1243	162	2	7	'muy'	3	3	7933	0,333333333
1244	162	2	8	'elaboradas.'	10	11	13	0,055555556
1245	163	1	1	'El'	2	2	139594	0,055555556
1246	163	1	2	'capitán'	7	7	413	0
1247	163	1	3	'Garfio'	6	6	6	0,111111111
1248	163	1	4	'luchaba'	7	7	21	0
1249	163	1	5	'contra'	6	6	2921	0,833333333
1250	163	1	6	'Peter'	5	5	10	0,888888889

N fila	N Ora.	Tipo Ora	N pal.	Pal.	N car.	Largo	frec	pred
1251	163	1	7	'Pan.'	3	4	306	1
1252	164	0	1	'Donde'	5	5	4145	0
1253	164	0	2	'menos'	5	5	2404	0
1254	164	0	3	'se'	2	2	68448	0,444444444
1255	164	0	4	'piensa.'	6	7	441	0
1256	164	0	5	'salta'	5	5	70	0,055555556
1257	164	0	6	'la'	2	2	192476	0,722222222
1258	164	0	7	'liebre.'	6	7	28	0,111111111
1259	165	2	1	'Donde'	5	5	4145	0
1260	165	2	2	'pasa'	4	4	953	0
1261	165	2	3	'Luis.'	4	5	173	0
1262	165	2	4	'no'	2	2	55505	0,333333333
1263	165	2	5	'queda'	5	5	892	0,111111111
1264	165	2	6	'nada.'	4	5	3806	0,555555556
1265	166	0	1	'Donde'	5	5	4145	0,111111111
1266	166	0	2	'manda'	5	5	110	0
1267	166	0	3	'capitán'	7	7	413	0,722222222
1268	166	0	4	'no'	2	2	55505	0,944444444
1269	166	0	5	'manda'	5	5	110	0,888888889
1270	166	0	6	'marinero.'	8	9	35	1
1271	167	0	1	'Mal'	3	3	1535	0
1272	167	0	2	'de'	2	2	264721	0,111111111
1273	167	0	3	'muchos'	6	6	2143	0,5
1274	167	0	4	'consuelo'	8	8	128	0,611111111
1275	167	0	5	'de'	2	2	264721	0,888888889
1276	167	0	6	'tontos.'	6	7	44	0,666666667
1277	168	1	1	'Las'	3	3	53823	0
1278	168	1	2	'cosas'	5	5	2741	0,111111111
1279	168	1	3	'se'	2	2	68448	0
1280	168	1	4	'hacen'	5	5	866	0,333333333
1281	168	1	5	'bien'	4	4	3744	0,222222222
1282	168	1	6	'o'	1	1	18468	0,666666667
1283	168	1	7	'no'	2	2	55505	0,611111111
1284	168	1	8	'se'	2	2	68448	1
1285	168	1	9	'hacen.'	5	6	866	1
1286	169	2	1	'Muchos'	6	6	2143	0
1287	169	2	2	'tontos'	6	6	44	0
1288	169	2	3	'creen'	5	5	236	0,222222222
1289	169	2	4	'que'	3	3	153169	0,777777778
1290	169	2	5	'todo'	4	4	7722	0
1291	169	2	6	'es'	2	2	33826	0,666666667
1292	169	2	7	'cuestión'	8	8	573	0,055555556
1293	169	2	8	'de'	2	2	264721	1
1294	169	2	9	'suerte.'	6	7	573	0,055555556
1295	170	0	1	'Cría'	4	4	42	0
1296	170	0	2	'cuervos'	7	7	20	0,555555556
1297	170	0	3	'y'	1	1	140438	0,944444444
1298	170	0	4	'te'	2	2	5026	0,833333333
1299	170	0	5	'sacarán'	7	7	0	0,555555556
1300	170	0	6	'los'	3	3	83471	0,944444444

N fila	N Ora.	Tipo Ora	N pal.	Pal.	N car.	Largo	frec	pred
1301	170	0	7	'ojos.'	4	5	2718	0,9444444444
1302	171	1	1	'Los'	3	3	83471	0,1666666667
1303	171	1	2	'ateos'	5	5	18	0
1304	171	1	3	'no'	2	2	55505	0,6666666667
1305	171	1	4	'creen'	5	5	236	1
1306	171	1	5	'en'	2	2	116302	1
1307	171	1	6	'Dios.'	4	5	1276	0,9444444444
1308	172	2	1	'Los'	3	3	83471	0,1666666667
1309	172	2	2	'loros'	5	5	4	0
1310	172	2	3	'comieron'	8	8	23	0
1311	172	2	4	'la'	2	2	192476	0,0555555556
1312	172	2	5	'plantación'	10	10	12	0
1313	172	2	6	'de'	2	2	264721	1
1314	172	2	7	'maíz.'	4	5	60	0,4444444444
1315	173	0	1	'Hoy'	3	3	2339	0
1316	173	0	2	'por'	3	3	40050	0
1317	173	0	3	'mí,'	2	3	2065	0
1318	173	0	4	'mañana'	6	6	1429	0,8333333333
1319	173	0	5	'por'	3	3	40050	1
1320	173	0	6	'ti.'	2	3	577	0,7777777778
1321	174	1	1	'Hoy'	3	3	2339	0
1322	174	1	2	'es'	2	2	33826	0,1666666667
1323	174	1	3	'noche'	5	5	2272	0
1324	174	1	4	'buena'	5	5	1168	0,1111111111
1325	174	1	5	'y'	1	1	140438	0,7777777778
1326	174	1	6	'mañana'	6	6	1429	0,9444444444
1327	174	1	7	'navidad.'	7	8	99	0,6111111111
1328	176	2	1	'Dicen'	5	5	733	0
1329	176	2	2	'que'	3	3	153169	0,8888888889
1330	176	2	3	'sus'	3	3	16990	0
1331	176	2	4	'pensamientos'	12	12	151	0
1332	176	2	5	'son'	3	3	7468	0,7777777778
1333	176	2	6	'muy'	3	3	7933	0,1666666667
1334	176	2	7	'complejos.'	9	10	97	0
1335	177	0	1	'No'	2	2	55505	0,0555555556
1336	177	0	2	'hay'	3	3	6069	0,0555555556
1337	177	0	3	'que'	3	3	153169	0,4444444444
1338	177	0	4	'pedirle'	7	7	67	0
1339	177	0	5	'peras'	5	5	15	0,7222222222
1340	177	0	6	'al'	2	2	24975	1
1341	177	0	7	'Olmo.'	4	5	10	0,8888888889
1342	178	0	1	'No'	2	2	55505	0,0555555556
1343	178	0	2	'hay'	3	3	6069	0,2222222222
1344	178	0	3	'que'	3	3	153169	0,6666666667
1345	178	0	4	'gastar'	6	6	51	0
1346	178	0	5	'pólvara'	7	7	52	0,3333333333
1347	178	0	6	'en'	2	2	116302	0,9444444444
1348	178	0	7	'chimangos.'	9	10	0	0,5555555556
1349	179	2	1	'Roberto'	7	7	65	0
1350	179	2	2	'quería'	6	6	806	0

N fila	N Ora.	Tipo Ora	N pal.	Pal.	N car.	Largo	frec	pred
1351	179	2	3	'pintar'	6	6	47	0
1352	179	2	4	'otra'	4	4	3875	0
1353	179	2	5	'vez'	3	3	4170	0,388888889
1354	179	2	6	'todo'	4	4	7722	0
1355	179	2	7	'el'	2	2	139594	0,666666667
1356	179	2	8	'departamento.'	12	13	195	0,111111111
1357	180	2	1	'Paula'	5	5	12	0
1358	180	2	2	'vio'	3	3	669	0
1359	180	2	3	'que'	3	3	153169	0,166666667
1360	180	2	4	'su'	2	2	39522	0,277777778
1361	180	2	5	'perro'	5	5	339	0
1362	180	2	6	'se'	2	2	68448	0,222222222
1363	180	2	7	'durmió'	6	6	31	0
1364	180	2	8	'y'	1	1	140438	0
1365	180	2	9	'no'	2	2	55505	0,222222222
1366	180	2	10	'quiso'	5	5	342	0
1367	180	2	11	'despertarlo.'	11	12	7	0,444444444
1368	181	2	1	'María'	5	5	191	0
1369	181	2	2	'nunca'	5	5	3228	0
1370	181	2	3	'ha'	2	2	13826	0
1371	181	2	4	'hecho'	5	5	2634	0,277777778
1372	181	2	5	'llorar'	6	6	232	0
1373	181	2	6	'a'	1	1	91317	1
1374	181	2	7	'sus'	3	3	16990	0
1375	181	2	8	'padres.'	6	7	670	0,166666667
1376	182	2	1	'Hoy'	3	3	2339	0
1377	182	2	2	'los'	3	3	83471	0
1378	182	2	3	'niños'	5	5	1092	0,055555556
1379	182	2	4	'deben'	5	5	615	0
1380	182	2	5	'hacer'	5	5	3194	0,166666667
1381	182	2	6	'dibujos'	7	7	101	0
1382	182	2	7	'geométricos.'	11	12	10	0
1383	183	2	1	'La'	2	2	192476	0,222222222
1384	183	2	2	'Señora'	6	6	808	0
1385	183	2	3	'quería'	6	6	806	0
1386	183	2	4	'que'	3	3	153169	0,277777778
1387	183	2	5	'le'	2	2	18090	0,222222222
1388	183	2	6	'cambiaran'	9	9	5	0
1389	183	2	7	'la'	2	2	192476	0,388888889
1390	183	2	8	'lámpara'	7	7	93	0,055555556
1391	183	2	9	'del'	3	3	49124	0,055555556
1392	183	2	10	'dormitorio.'	10	11	174	0
1393	184	2	1	'El'	2	2	139594	0
1394	184	2	2	'mecánico'	8	8	70	0
1395	184	2	3	'no'	2	2	55505	0
1396	184	2	4	'consiguió'	9	9	217	0
1397	184	2	5	'quitarse'	8	8	50	0
1398	184	2	6	'la'	2	2	192476	0,666666667
1399	184	2	7	'grasa'	5	5	91	0,611111111
1400	184	2	8	'de'	2	2	264721	0,666666667

N fla	N Ora.	Tipo Ora	N pal.	Pal.	N car.	Largo	frec	pred
1401	184	2	9	'los'	3	3	83471	0
1402	184	2	10	'dedos.'	5	6	436	0,277777778
1403	185	2	1	'Raúl'	4	4	15	0
1404	185	2	2	'estaba'	6	6	4484	0
1405	185	2	3	'totalmente'	10	10	337	0
1406	185	2	4	'transpirado'	11	11	0	0
1407	185	2	5	'cuando'	6	6	10075	0,111111111
1408	185	2	6	'terminó'	7	7	181	0,111111111
1409	185	2	7	'de'	2	2	264721	0,666666667
1410	185	2	8	'correr.'	6	7	292	0,555555556
1411	186	2	1	'Los'	3	3	83471	0
1412	186	2	2	'excursionistas'	14	14	4	0
1413	186	2	3	'vieron'	6	6	138	0
1414	186	2	4	'ciervos'	7	7	10	0
1415	186	2	5	'en'	2	2	116302	0,888888889
1416	186	2	6	'el'	2	2	139594	0,388888889
1417	186	2	7	'bosque.'	6	7	273	0,166666667
1418	187	2	1	'Lo'	2	2	31481	0,055555556
1419	187	2	2	'que'	3	3	153169	0,833333333
1420	187	2	3	'primero'	7	7	1278	0
1421	187	2	4	'rodó'	4	4	14	0
1422	187	2	5	'fue'	3	3	6296	0,666666667
1423	187	2	6	'la'	2	2	192476	0,388888889
1424	187	2	7	'cabeza'	6	6	1976	0,388888889
1425	187	2	8	'de'	2	2	264721	0,611111111
1426	187	2	9	'asesinos'	8	8	67	0
1427	187	2	10	'y'	1	1	140438	0,222222222
1428	187	2	11	'traidores.'	9	10	30	0
1429	188	2	1	'Claudia'	7	7	2	0
1430	188	2	2	'dejó'	4	4	700	0
1431	188	2	3	'la'	2	2	192476	0,166666667
1432	188	2	4	'bicicleta'	9	9	67	0
1433	188	2	5	'en'	2	2	116302	0,833333333
1434	188	2	6	'la'	2	2	192476	0,666666667
1435	188	2	7	'calle.'	5	6	1340	0,111111111
1436	189	2	1	'Los'	3	3	83471	0,222222222
1437	189	2	2	'padres'	6	6	670	0,111111111
1438	189	2	3	'podían'	6	6	400	0
1439	189	2	4	'escuchar'	8	8	260	0
1440	189	2	5	'a'	1	1	91317	0,611111111
1441	189	2	6	'los'	3	3	83471	0,166666667
1442	189	2	7	'niños'	5	5	1092	0,388888889
1443	189	2	8	'jugar'	5	5	384	0,166666667
1444	189	2	9	'en'	2	2	116302	0,722222222
1445	189	2	10	'el'	2	2	139594	0,944444444
1446	189	2	11	'jardín.'	6	7	347	0,111111111
1447	190	2	1	'Cada'	4	4	4388	0
1448	190	2	2	'lengua'	6	6	570	0
1449	190	2	3	'del'	3	3	49124	0
1450	190	2	4	'mundo'	5	5	3783	0,333333333

N fila	N Ora.	Tipo Ora	N pal.	Pal.	N car.	Largo	frec	pred
1451	190	2	5	'posee'	5	5	209	0
1452	190	2	6	'una'	3	3	47975	0
1453	190	2	7	'gramática.'	9	10	31	0,111111111
1454	191	2	1	'El'	2	2	139594	0,055555556
1455	191	2	2	'político'	8	8	776	0
1456	191	2	3	'no'	2	2	55505	0
1457	191	2	4	'reaccionó'	9	9	24	0
1458	191	2	5	'ante'	4	4	3116	0,388888889
1459	191	2	6	'las'	3	3	53823	0,055555556
1460	191	2	7	'preguntas'	9	9	302	0
1461	191	2	8	'de'	2	2	264721	0,833333333
1462	191	2	9	'los'	3	3	83471	0,555555556
1463	191	2	10	'periodistas.'	11	12	337	0,833333333
1464	192	2	1	'La'	2	2	192476	0,166666667
1465	192	2	2	'ventana'	7	7	526	0
1466	192	2	3	'del'	3	3	49124	0,055555556
1467	192	2	4	'salón'	5	5	257	0
1468	192	2	5	'ha'	2	2	13826	0
1469	192	2	6	'estado'	6	6	2333	0
1470	192	2	7	'trabada'	7	7	4	0
1471	192	2	8	'durante'	7	7	2992	0,111111111
1472	192	2	9	'varios'	6	6	897	0
1473	192	2	10	'días.'	4	5	2332	0,722222222
1474	193	2	1	'Tal'	3	3	1533	0
1475	193	2	2	'vez'	3	3	4170	0,277777778
1476	193	2	3	'pronto'	6	6	644	0
1477	193	2	4	'se'	2	2	68448	0,222222222
1478	193	2	5	'puedan'	6	6	307	0
1479	193	2	6	'comprar'	7	7	231	0
1480	193	2	7	'huevos'	6	6	165	0
1481	193	2	8	'de'	2	2	264721	0,111111111
1482	193	2	9	'pascua.'	6	7	22	0,166666667
1483	194	2	1	'La'	2	2	192476	0,166666667
1484	194	2	2	'pequeña'	7	7	622	0
1485	194	2	3	'empresa'	7	7	649	0
1486	194	2	4	'no'	2	2	55505	0
1487	194	2	5	'podía'	5	5	1955	0
1488	194	2	6	'permitirse'	10	10	43	0
1489	194	2	7	'la'	2	2	192476	0
1490	194	2	8	'costosa'	7	7	17	0
1491	194	2	9	'máquina.'	7	8	333	0
1492	195	2	1	'El'	2	2	139594	0,111111111
1493	195	2	2	'obispo'	6	6	129	0
1494	195	2	3	'apareció'	8	8	268	0
1495	195	2	4	'con'	3	3	47170	0,111111111
1496	195	2	5	'su'	2	2	39522	0,111111111
1497	195	2	6	'nuevo'	5	5	1340	0
1498	195	2	7	'secretario'	10	10	367	0
1499	195	2	8	'en'	2	2	116302	0,5
1500	195	2	9	'la'	2	2	192476	0,777777778

N fila	N Ora.	Tipo Ora	N pal.	Pal.	N car.	Largo	frec	pred
1501	195	2	10	'conferencia.'	11	12	119	0
1502	196	2	1	'El'	2	2	139594	0,1111111111
1503	196	2	2	'destino'	7	7	481	0
1504	196	2	3	'volvió'	6	6	759	0
1505	196	2	4	'a'	1	1	91317	0,8333333333
1506	196	2	5	'unir'	4	4	39	0
1507	196	2	6	'a'	1	1	91317	0,6666666667
1508	196	2	7	'los'	3	3	83471	0,5
1509	196	2	8	'amigos.'	6	7	792	0,2777777778
1510	197	2	1	'En'	2	2	116302	0,1666666667
1511	197	2	2	'el'	2	2	139594	0,2222222222
1512	197	2	3	'tribunal'	8	8	173	0
1513	197	2	4	'la'	2	2	192476	0
1514	197	2	5	'votación'	8	8	53	0
1515	197	2	6	'fue'	3	3	6296	0,9444444444
1516	197	2	7	'reñida.'	6	7	4	0
1517	198	2	1	'La'	2	2	192476	0,1111111111
1518	198	2	2	'cumbre'	6	6	98	0
1519	198	2	3	'de'	2	2	264721	NaN
1520	198	2	4	'científicos'	11	11	508	NaN
1521	198	2	5	'duró'	4	4	96	NaN
1522	198	2	6	'este'	4	4	7734	NaN
1523	198	2	7	'año'	3	3	1926	NaN
1524	198	2	8	'cuatro'	6	6	1703	NaN
1525	198	2	9	'días.'	4	5	2332	NaN