



Centro de Neurociencias de Cuba
Departamento de Neurociencias Educativas

Tesina del Diplomado:
Introducción a las Neurociencias

**Exploración visual durante la lectura de textos digitales e impresos
en una muestra de escolares primarios.**

Autor: Lic. José Anibal Ojeda Nuñez
Tutor: Dr.C María del Rosario Torres Díaz
Asesor: Lic. Aymée Álvarez Rivero

La Habana
2018

RESUMEN

Se declara como objetivo de la presente investigación: determinar si el medio de lectura influye significativamente en la exploración visual del texto. Se comparó la exploración visual del texto durante la lectura de textos digitales e impresos, propuestos por el Ministerio de Educación (Mined). Se evaluó una muestra de 34 escolares primarios de una escuela en La Habana, Cuba. Los resultados muestran que existen diferencias significativas en la media de la duración de las fijaciones y en la media de la amplitud de los movimientos sacádicos en ambos formatos. Se demostró que durante la lectura de textos impresos las fijaciones son más cortas y los movimientos sacádicos son más largos que en textos digitales, lo cual sugiere que la lectura en textos impresos fue más fluida.

Palabras claves: lectura, textos digitales, textos impresos, *eye tracking*, movimientos sacádicos, duración de las fijaciones.

ABSTRACT

The objective of the present investigation is the following: to determine if the means of reading, significantly influences the visual exploration of the text. The visual exploration of the text was compared during the reading of digital and printed texts, proposed by the Ministry of Education (Mined). We assessed a sample of 34 primary school children from a school in Havana, Cuba. The results show that there are significant differences in the mean duration of fixations and the average amplitude of saccades, in both formats. It was demonstrated that during the reading of printed texts the fixations are shorter and the saccades movements are longer than in digital texts, which suggests that the reading in printed texts was more fluid.

Keywords: reading, digital texts, printed texts, eye tracking, saccadic movements, duration of fixations.

INDICE

	Página
Introducción	1
Fundamentación teórica	3
La lectura como proceso cognitivo complejo	3
Estudios previos de comparación de lecturas en libros y tablet	3
Movimientos oculares implicados en la lectura	5
Variables cognitivas asociadas a movimientos oculares	7
Materiales y Métodos	9
Participantes	9
Pruebas e instrumentos	9
Criterios de selección de textos	9
Equipo utilizado	10
Procedimiento	10
Variables cuantificadas	12
Análisis estadístico	12
Resultados	13
Discusión de los resultados	16
Conclusiones	19
Recomendaciones	20
Referencias bibliográficas	-
Anexos	-

INTRODUCCIÓN

La educación necesita constantemente ir a la par de los conocimientos y avances científicos en el mundo para formar y preparar con mejor calidad a las futuras generaciones. Se debe lograr la introducción de las nuevas tecnologías en el proceso docente educativo a las exigencias actuales del desarrollo de la sociedad.

Las nuevas tecnologías se han ido apoderando e introduciendo en los escenarios educativos actuales y necesitan de estudios que justifiquen su utilización de forma más práctica.

Con los avances científicos de la sociedad y la introducción en el mercado tecnológico de tablets, dispositivos móviles, laptops y e-book ha permitido darle una nueva mirada al proceso docente-educativo y de enseñanza-aprendizaje. Esta cuestión no ha escapado desde las ciencias de la educación y de su introducción en ella para ajustarse a las demandas actuales.

Avances en diferentes países destacan la necesidad de la introducción de nuevos medios tecnológicos para ajustarse a los cambios que ocurren en el mundo, nuevas formas de enseñanza no escapan de estos momentos y hacen referencia a múltiples formas de utilizar estos nuevos medios, por ejemplo, existen diferentes estudios que constatan la utilización de tablets en modelos educativos de lectura (Ortega Maldonado, C. et al., 2014; Angeriz Pampin, E. et al, 2017).

Países latinoamericanos como Uruguay han incorporado el uso de dispositivos móviles en la educación primaria e inicial. Cuba no escapa de este fenómeno, por eso, el Ministerio de Educación Cubano como parte del III Perfeccionamiento del sistema educativo ha decidido incorporar las nuevas tecnologías en los diferentes subsistemas educativos.

Se ha creado un proyecto de Introducción de las Tecnologías en la Educación Cubana con el propósito de integrar a la práctica educativa el uso de tablets y otras tecnologías para evaluar si cambia la exploración visual del texto durante la lectura o se mantienen los mismos patrones en ambos formatos.

Se declara como **problema científico** el siguiente: ¿Cómo cambia la exploración visual del texto durante la lectura de textos digitales (Tablet) o textos impresos (libro) en escolares de 4to grado?

Hipótesis: La lectura en el Tablet debe ser menos fluida que en el libro impreso, lo cual debe expresarse en fijaciones más largas y sácadas más cortas.

Objetivo general: Revelar las características de la exploración visual del libro digital propuesto por el MINED para la introducción de las TICs como soporte de material docente.

Objetivos específicos: Comparación de los movimientos oculares durante la lectura en el libro impreso tradicional y en el libro digital soportado sobre la tablet.

Tareas de investigación:

- Seleccionar diferentes textos con el mismo nivel de complejidad.
- Montaje del experimento para evaluar los movimientos oculares.
- Comparar la duración de las fijaciones durante la lectura de textos impresos y digitales.
- Comparar la longitud de los movimientos sacádicos durante la lectura de textos impresos y digitales.

Aporte Práctico:

El aporte principal de esta investigación es eminentemente práctico. Los resultados de este estudio permitirán hacer inferencias acerca de las características de la lectura de niños escolares utilizando dispositivos electrónicos como soporte al material docente. Estos resultados pueden permitir a las autoridades del MINED tomar decisiones acerca de la pertinencia de estos dispositivos, así como la configuración visual de los textos propuestos. Permitirá, además, perfeccionar las acciones educativas y correctivas del uso de las nuevas tecnologías para la lectura e integrarlas al aprendizaje del escolar.

Novedad y Actualidad:

La voluntad del Mined de solicitar información de las Neurociencias para dictar políticas y estrategias educativas nos coloca en una posición privilegiada con relación a la introducción de las TICs en educación en el mundo. Este hecho es suficiente para avalar la novedad y actualidad del trabajo.

Esta investigación responde al **proyecto de investigación** del Centro de Neurociencias de Cuba (CNeuro): Tecnologías para el manejo de los trastornos del Neurodesarrollo.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La lectura como proceso cognitivo complejo

El proceso de la lectura ha sido investigado desde diferentes ramas del conocimiento y el saber: psicología, lingüística, pedagogía, sociología, antropología, pero desde las neurociencias se le ha dado un lugar importante por la implicación de múltiples procesos cognitivos.

El proceso lector dota al ser humano de una fuente enorme de conocimientos y resulta complejo por toda la gama de habilidades que encierra en sí mismo, tantos de procesos propios de la lectura como diferentes procesos cognitivos más generales y de carácter afectivos y motivacionales: la atención, reconocimiento de patrones, memoria, conocimiento, razonamiento y resolución de problemas (Szu-Yuan, S., et al., 2013).

Dentro de las bases neurales de la lectura se encuentran dos sistemas funcionales: anterior (área frontal izquierda) y posterior (dorsal y occipito-temporal). El circuito dorsal se activa frente a tareas que impliquen procesamiento y decodificación fonológica, mientras que la occipito-temporal lo hace frente a tareas de patrones ortográficos de la palabra conocida.

En el presente predomina la tendencia al estudio de las bases neurales de los procesos de la lectura, autores como Franziska Kretschmar et al. (2013) han estudiado el efecto del formato de presentación del texto combinando el registro de los movimientos oculares con métodos de análisis cuantitativos del electroencefalograma (EEG). Otros autores han reportado estudios mediante el registro de Potenciales Relacionados a Eventos Cognitivos (N400) (Dimigen O., et al., 2011) y técnicas de Resonancia Magnética funcional (Protopapas, A. & Parrila, R., 2018; Richards, T. L. et al, 2018). En esta dirección la integración de diferentes métodos de diagnósticos de evaluación funcional del sistema nervioso (Eye tracking, EEG, RMI funcional entre otros) podría constituir un camino promisorio para encontrar respuestas sobre las bases neurales de los mecanismos básicos de la lectura y sus posibles adaptaciones ante la creciente introducción de medios digitales y la informatización de la sociedad.

Estudios previos de comparación de lecturas en libros y tablet

Son muchas las investigaciones que se han dedicado al estudio de la introducción de las nuevas tecnologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje y que demuestran las

potencialidades y desventajas de los mismos al compararlos con los métodos y formas más tradicionales de enseñanza en las escuelas.

Diferentes autores han dedicado sus investigaciones a establecer una relación entre las diferencias de textos digitales e impresos durante la lectura:

- En cuál medio de lectura se comprende mejor (Mangen, A., et al., 2013; Chen, G., 2014),
- Cuál resulta más legible (Jung-Yong, K. et al., 2014; Nilsson Benfatto, M., 2016; Slattery, T. J. & Rayner, K., 2009)
- Cuál es más ergonómico para el ser humano (L. M. Straker, 2008; Jung-Yong, K. et al., 2014).
- Y cuales son los movimientos oculares que indican una exploración más eficaz en diferentes formatos (Palomo-Álvarez, C. & Puell, M. C., 2009).

Algunos estudios indican que la lectura es más eficaz en textos impresos (Kretzschmar F. et al., 2013; Jung-Yong Kim et al., 2014); Tanner, M. J., 2014; Freund, L., 2016), se entienden mejor y con una comprensión significativa con respecto a la lectura de textos digitales.

Tanner, M. J., (2014) realizó un estudio bibliográfico y reflexiona que la lectura impresa no debe desaparecer sobre la demanda de los textos digitales en tres aspectos: el efecto óptico, las necesidades cognitivas y los hábitos metacognitivos de diferentes lectores.

Jung-Yong, K. et al., (2014) en un experimento con 18 sujetos establece que la lectura digital se hace más difícil e incómoda. Existe una menor legibilidad juzgando por el tiempo de duración de las fijaciones, la amplitud de los movimientos sacádicos, la frecuencia de pestañeo y la inconformidad mediante cuestionarios que manifiesta el propio sujeto cuando termina de realizar esta tarea.

Chen, G., et al (2014) en un experimento con 90 participantes universitarios, utilizó libros, tablets y computadoras con el objetivo de investigar los efectos de la comprensión lectora. Los resultados se movieron a favor del medio impreso, se obtuvieron diferencias significativas a favores de estos, evaluando el nivel de comprensión y de familiarización en estos dispositivos.

Estudios de Dundar, H. & Akcayir, M. (2012) en un grupo de 25 escolares primarios encontraron evidencias a favor de los textos digitales al presentar una serie de ejercicios

de lectura de palabras en diferentes formatos en dos grupos, uno control y otro experimental, se evaluaron como variables la velocidad de lectura, la comprensión lectora y el rendimiento académico, sus resultados fueron significativos y plantean que la lectura es más eficaz y se comprende mejor en textos digitales que en textos impresos. Estos autores proponen en su análisis que la lectura digital ergonómicamente es una solución efectiva y desaparecen los problemas físicos de la lectura de textos impresos y hay interacción del lector con la información.

Por último, otros autores plantean que no existen diferencias significativas en la lectura entre textos digitales e impresos.

Zambarbieri, D. & Carniglia, E. (2012) con una muestra de 43 sujetos (estudiantes universitarios y de doctorado) no encuentran diferencias significativas relacionados con la duración de las fijaciones y las regresiones entre ambos tipos de lectura, manteniendo una postura en la que la conducta lectora es igual cuando se utiliza lectores digitales e impresos.

Siegenthaler, E., et al. (2011) plantean que la lectura en textos impresos es muy similar en textos digitales ya que se mantiene un comportamiento conductual del lector parecido en ambos casos e incluso sin modificaciones. Su comparación entre textos digitales e impresos fue con una muestra muy pequeña (10 participantes), por lo que necesita hacer un estudio con una muestra más grande. La media de edad de los participantes es 42 años, por lo que su investigación se aleja de los marcos educacionales.

Lo anteriormente planteado conlleva a la no existencia de un consenso actual sobre la eficacia del uso de diferentes formatos de lectura en digital o impreso. Se hace muy difícil asumir una postura clara respecto a la introducción de las nuevas tecnologías en el sistema educativo, implicando que es necesario un estudio más profundo sobre esta temática.

Movimientos oculares implicados en la lectura

El estudio de la visión humana es uno de los campos más estudiados en neurociencias en los últimos años, como sistema complejo integra múltiples procesos fisiológicos y cognitivos en áreas altamente especializadas del cerebro.

La corteza visual primaria (área 17 de Brodman) se sitúa en la cara medial del lóbulo occipital y se extiende hacia la convexidad en el polo occipital (Giménez-Amaya, J. M.,

2000) donde el resto del lóbulo occipital constituye el área de asociación visual (Crossman, A. R. & Neary, D., 2002).

El ojo humano presenta una serie de movimientos, que se relacionan entre sí y que se presentan en la lectura: los movimientos sacádicos, las fijaciones y regresiones.

Los movimientos sacádicos son aquellos movimientos oculares en que se desplaza rápidamente el ojo de un punto a otro entre una fijación y otra (Bayat, A. & Pomplun, M., 2016).

Los movimientos sacádicos toman aproximadamente el 10% del tiempo de lectura (Rayner, K., 1998) y brindan información a la fovea de la región que se está leyendo para obtener detalles claros y precisos de lo que se está observando. Los movimientos sacádicos son tan rápidos que el ser humano no puede percibirlos mientras los realiza, siendo necesario tener en cuenta otros tipos de movimientos como son los movimientos oculares vestibulares, de persecución y de vergencia.

Rayner, K. (1998) establece que “en lectura, la extensión promedio de la sacada es de aproximadamente ocho o nueve espacios de caracteres (o aproximadamente 2° de ángulo visual). La duración de la sacada es una función de la distancia recorrida. Una sacada de 2° tarda aproximadamente 25-30 ms, y una sacada de 5° tarda aproximadamente 35-40 ms. Entre los movimientos sacádicos, el ojo está relativamente quieto en una pausa de fijación”.

La visión se suprime durante los movimientos sacádicos y es solo durante las fijaciones que el sistema nervioso central del hombre puede elaborar la información visual que percibe del mundo exterior a él (Zambarbieri, D. & Carniglia, E., 2012; Matamoros Gebrero, C. R., 2017).

Las fijaciones ocurren cuando la posición de la mirada se mantiene en una misma posición (Bayat, A. & Pomplun, M., 2016) por al menos 100 ms. (Rivera, S., et al, 2012) y las regresiones que son pequeños movimientos de corrección que se realizan en la línea del renglón y que por razones cognitivas pueden indicar que el lector no entendió o comprendió el texto y necesitó volver a leerlo (Matamoros Gebrero, C. R., 2017).

La lectura se basa en secuencias complejas de movimientos sacádicos y fijaciones binoculares (Medrano Muñoz, S. M., 2011). Bayat, A. & Pomplun, M., (2016) establece que “la información de la mirada puede analizarse utilizando algunos índices de

movimiento de los ojos para obtener los patrones de atención del lector durante la lectura".

Variables cognitivas asociadas a movimientos oculares

Existen diferentes variables cognitivas y fisiológicas que se asocian a este proceso, son de importancia para esta investigación las siguientes: la amplitud de los movimientos sacádicos y la duración de las fijaciones en los procesos atencionales durante la lectura. Los movimientos oculares están implicados con el procesamiento cognitivo durante el proceso lector (Rayner, K. et al, 1989) para una mejor comprensión del texto que se lee. Hoffman, J. E y Subramaniam, B., (1995) plantean en un estudio con 7 participantes universitarios a los que se aplicó un experimento diseñado para comprobar si hacer un movimiento sacádico dirigido a cierto lugar predeterminado no es precedido por un cambio atencional a esa ubicación. En un primer paradigma no se proporcionaron instrucciones al sujeto para que dirigiera la mirada, ya que resultó que los sujetos eligen mirar a una ubicación que es el objetivo de un movimiento sacádico. En el segundo paradigma se le examinó si este cambio atencional es obligatorio y se llegó a la conclusión general de que existe un vínculo entre la atención y los movimientos sacádicos cuando los sujetos son libres de explorar el mundo exterior, ya que es un requisito obligatorio. Los movimientos sacádicos y de seguimiento dirigen la atención a los estímulos del medio externo para dirigir el sistema oculomotor hacia ellos y procesar la visión cognitivamente en nuestro cerebro.

Estudios de Rayner, K. et al, (1989) defienden que los movimientos oculares son influenciados por variables textuales y topográficas, mientras un texto sea conceptualmente más difícil de comprender y tenga un lenguaje con palabras con las que el sujeto no está familiarizado ni haya conocido antes, así la duración de las fijaciones aumentan al igual que la frecuencia de las regresiones, pero la longitud de las sacadas disminuyen considerablemente.

Bayat, A. & Pomplun, M. (2016) en una investigación con 21 sujetos refieren que el nivel de dificultad de un texto no influye significativamente en la duración media de las fijaciones ni del tamaño de la pupila, pero existen diferencias significativas en la velocidad de lectura. Rayner, K., (1977) plantea que la atención de la mirada en oraciones gramaticales simples va a la búsqueda del verbo, recibiendo un promedio mayor de

duración de las fijaciones que en las partes restantes de la oración, esto presenta una influencia mayor en la comprensión lectora y en el entendimiento del texto.

La evaluación del tamaño de la pupila es potencialmente susceptible a cambios en la posición de la mirada (Gagl, B. et al., 2011) mientras sea mayor la dilatación pupilar aumenta el esfuerzo cognitivo y la duración de las fijaciones que realiza el sujeto antes la tarea de lectura, la atención se centra más en la tarea que se está ejecutando.

MATERIALES Y MÉTODOS

PARTICIPANTES

Se estudia una muestra de 34 escolares, 19 del sexo femenino y 15 del sexo masculino, cursan el 4to grado de una escuela primaria en perfeccionamiento del municipio La Lisa, en La Habana. El rango de edades entre 9 y 10 años, media de edad 9,32 y desviación estándar de 0,47. El idioma nativo es el español.

PRUEBAS E INSTRUMENTOS

- **Lectura de textos:** los escolares deben leer dos textos, uno impreso y otro digital, del libro de lectura utilizado en el perfeccionamiento educativo (Anexo I).

CRITERIOS DE SELECCIÓN DE TEXTOS

Se seleccionaron tres textos (Ver Anexo I) del libro oficial de 4to grado perteneciente al perfeccionamiento educativo y se escogieron dos para realizar este estudio. Los textos escogidos se analizaron por la escala INFLESZ (Tabla No. 1) en cuanto a su legibilidad (Barrio Cantalejo, I, 2008).

Tabla No. 1 Análisis de textos mediante escala INFLESZ.

Lecturas	Cantidad de palabras	Cantidad de frases	Media de sílabas por palabras	Grado INFLESZ
Texto 1 "Así era Martí"	300	18	1.80	Bastante Fácil
Texto 2 "A la madre"	333	24	2.09	Normal

Se cuantifica el tamaño de la letra en los dos medios de lectura. Se escogió la letra "o" y la palabra "Martí". Se aprecian las diferencias en la Tabla No. 2:

Tabla No. 2 Tamaño de letras en ambos formatos.

	Formato	
	Libro	Tablet
Letra "o"	3 mm	2 mm
Palabra "Martí"	10 mm	8.5 mm

EQUIPO UTILIZADO

Para medir el rastreo ocular en diferentes soportes de lectura se empleó el *eye tracker* “EyeLink 1000 Plus”, con montaje de escritorio (Desktop Mount), lente de 35 mm y frecuencia de muestreo de 1000 Hz.

Se elaboró en MatLab un *script* con el experimento usando el Psychtoolbox (Brainard, 1997; Pelli, 1997; Kleiner et al, 2007). La comunicación entre el *eye tracker* con la computadora experimental se hizo mediante el EYELINK Toolbox (Cornelissen, F. W., et al., 2002).

Para obtener los datos de la mirada en el monitor de computadora en pixeles se ensambló un soporte rectangular. El libro y el tablet se alternaron (Tabla No. 3).

La distancia de los participantes al borde superior del monitor de computadora fue de 740 mm y al borde inferior de 796 mm. La cabeza de los participantes se estabilizó en una mentonera sobre la mesa en la que se sentaron para evitar posibles movimientos involuntarios.

Tabla No. 3 Dimensiones de los medios empleados

	Monitor	Soporte rectangular	Tablet PC	Libro
Tamaño	375x302 mm	255x260 mm	223x126 mm	340x215 mm
Resolución	1280x1024 px	-	800x480 px	-

PROCEDIMIENTO

La participación en el estudio se realiza bajo el principio de voluntariedad y consentimiento informado obtenido de los padres o tutores.

El estudio se realiza con el escolar sentado, en posición cómoda frente a los textos impreso y digital. Se calibró la posición de la mirada sobre el monitor para obtener las coordenadas de la mirada en la pantalla, usando 13 puntos para una mejor precisión (SR-Research, 2015). Después se validó para corregir las posiciones de la mirada sobre el monitor. (Imagen No. 1)

Se ensambló el soporte rectangular con el libro y/o el tablet (Imagen No. 2). El orden de presentación de los textos se contrabalanceó, así como el orden del formato de lectura para garantizar que no haya sesgos. Se les indicó a los escolares el momento preciso en que empezarían a leer. La lectura de los textos se realiza en voz alta, en una habitación con control del ruido ambiental y condiciones de iluminación constantes

durante todo el experimento, las interferencias ambientales fueron igualmente controladas.



Imagen No. 1. Calibración de la mirada sobre el monitor

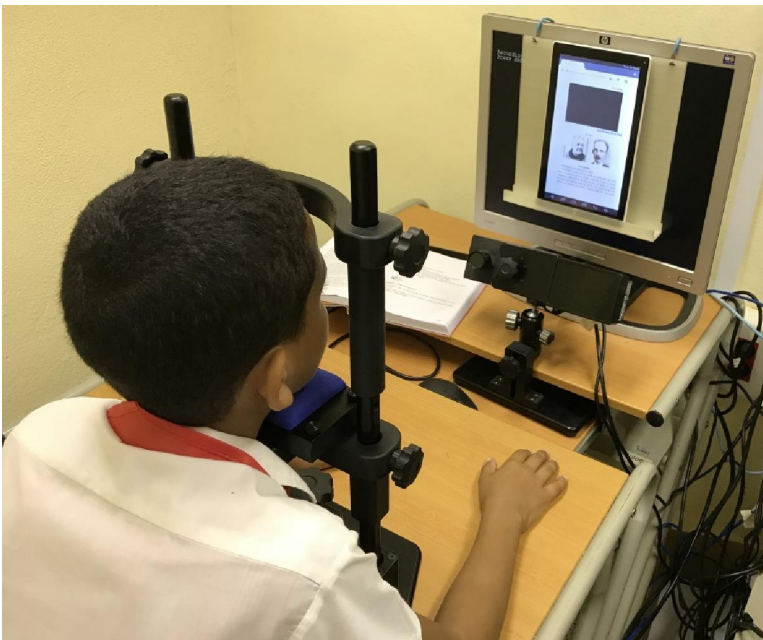


Imagen No. 2. Lectura del texto digital

VARIABLES CUANTIFICADAS

Duración de la fijación (ms), Amplitud de la sacada (ángulos visuales), Número de letras por sacada, cuantificadas para cada uno de los soportes del texto utilizados.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Realizado en el StatSoft Statistica 10 Enterprise. Se realiza el análisis descriptivo de los valores medios, mediana y desviación estándar para cada una de las variables cuantitativas evaluadas, así mismo se utiliza el T-test para determinar el nivel de significación de las diferencias entre ambas condiciones experimentales, fijando un nivel de significación para una probabilidad ($p < 0.005$).

RESULTADOS

Se muestra el análisis descriptivo de la duración de las fijaciones (Tabla No. 4) y amplitud de las sacadas (Tabla No. 5) en los textos digitales e impreso

Tabla No. 4. Evaluación del efecto del formato en la duración de las fijaciones de la mirada durante la lectura.

Duración de las fijaciones de la mirada (ms)			
Formato de lectura	Media (ms)	Mediana (ms)	Desviación Estándar
Libro	372,0150	331,8700	86,5274
Tablet	414,4929	395,4800	101,1269
Nivel de significación: $t = -6,14926$; $p = 0,000001^*$			

Tabla No. 5. Amplitud de los movimientos sacádicos para cada formato de lectura.

Amplitud de los movimientos sacádicos (grados visuales)			
Formato de lectura	Media	Mediana	Desviación Estándar
Libro	1,3782	1,3100	0,3165
Tablet	1,2497	1,1350	0,3229
Nivel de significación : $t = 3,394887$; $p = 0,001803^*$			

Para determinar si existen diferencias significativas en las variables de interés entre los formatos digitales e impresos se utilizó un Análisis T de Student. Los resultados mostraron que:

- Existen diferencias significativas en la duración de las fijaciones durante la lectura de textos digitales e impresos ($t(33) = -6,14926$, $p < 0,000001$) como se muestra en el gráfico 1.
- Existen diferencias significativas en la amplitud de los movimientos sacádicos en ambos formatos ($t(33) = 3,394887$, $p < 0,001803$), como se muestra en el gráfico 2.

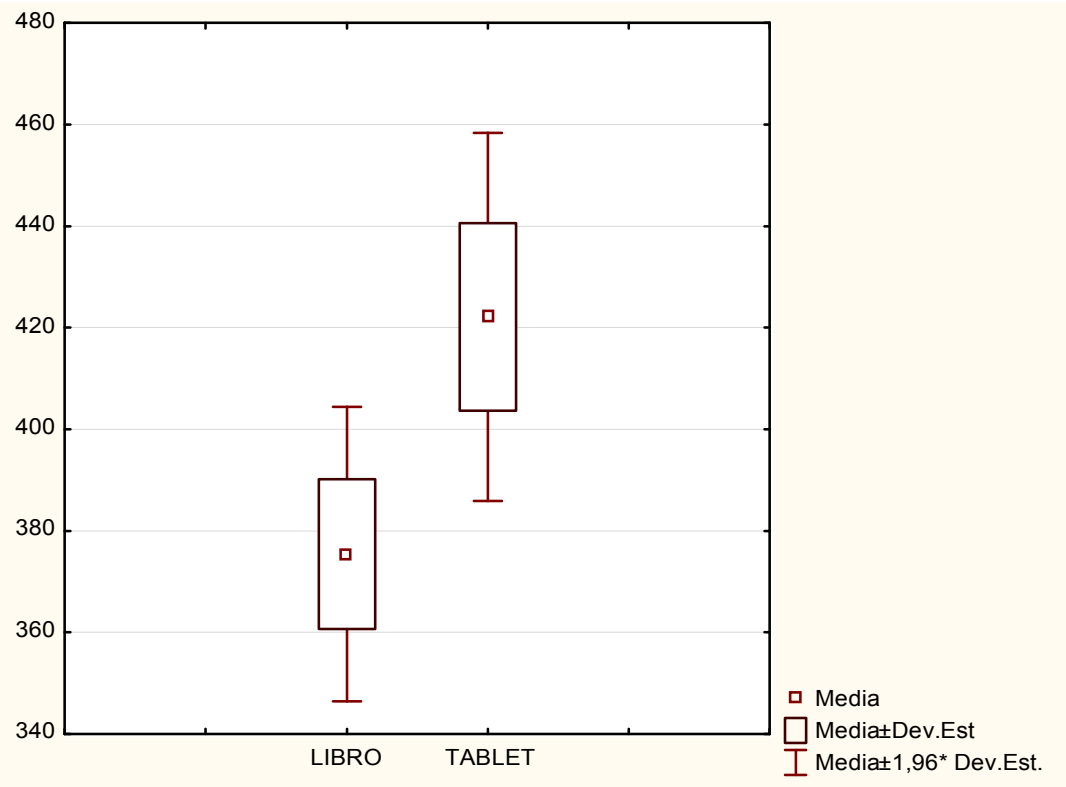


Gráfico 1. Media y desviación estándar de la duración de las fijaciones

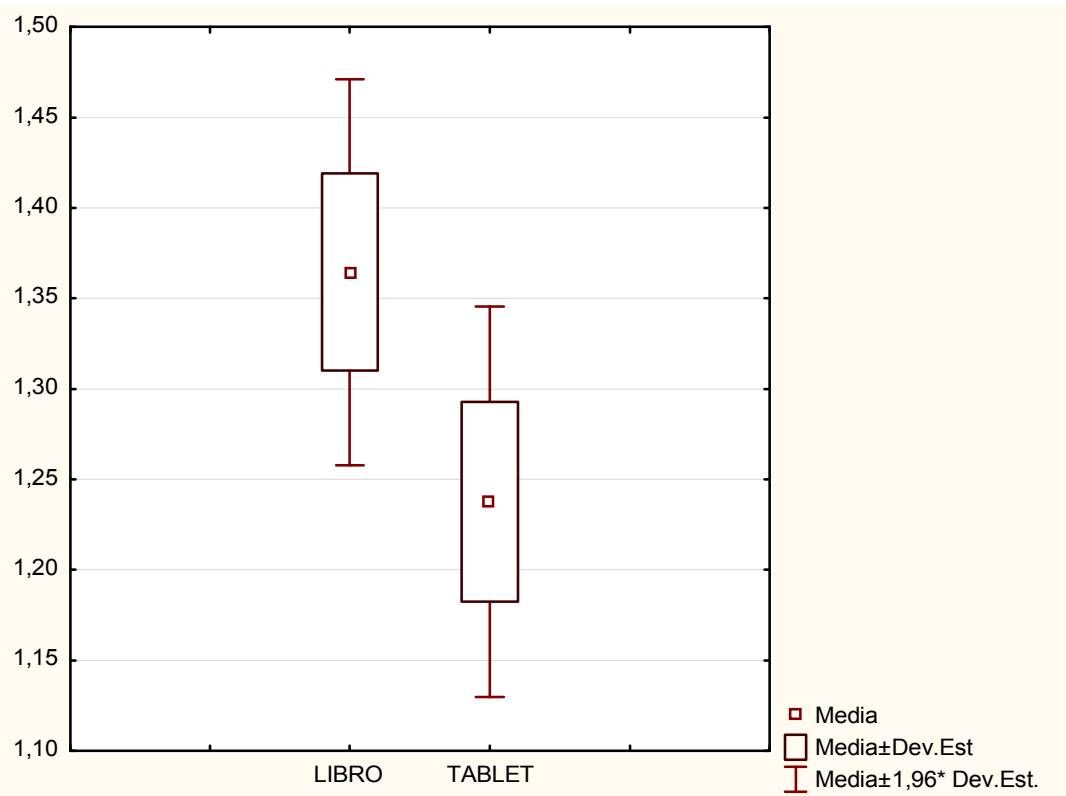


Gráfico 2. Media y desviación estándar de la amplitud de sacadas.

Para medir la cantidad de letras por sacadas fue necesario convertir los ángulos visuales de las sacadas a milímetros. Se calculó empleando la fórmula del ángulo visual, $Tamaño = 2 * Distancia * \tan\left(\frac{Ángulo\ visual}{2}\right)$, los resultados se muestran en la Tabla No. 6. En el libro la cantidad de letras por sacadas fue de 6.125 y en el tablet de 7.33 letras aproximadamente.

Tabla No. 6 Resultados del tamaño de las sacadas

	Libro	Tablet
Tamaño de las sacadas	17,801 mm	16,141 mm
Distancia del objeto	740 mm	740 mm
Angulo Visual	1,3782	1,2497

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados del diseño experimental utilizado en esta investigación permitieron demostrar que existen diferencias significativas en los mecanismos de movimientos oculares asociados al proceso lector dependientes del formato en que es presentado el texto (Impreso vs Digital). Se reportó que durante la lectura del texto impreso la duración media de la fijación es menor y la amplitud del movimiento sacádico es superior, con referencia a los valores cuantificados durante la lectura del texto en formato digital. Para evaluar la significación funcional de estos hallazgos, así como su posible interpretación realizamos el análisis particular de los resultados para cada una de las variables cuantificadas.

En primer lugar evaluamos el efecto de la duración de las fijaciones: El resultado de que la duración de las fijaciones fue **significativamente menor** durante la lectura del texto impreso, sugiere que el texto pueda haber sido recorrido en un tiempo menor y por tanto que la lectura resultara más fluida y posiblemente más legible.

La interpretación que realizamos del efecto de la duración de la fijación en la velocidad y legibilidad de la lectura, se fundamenta en el reporte realizado por Siegenthaler (2011), en el que se describe el efecto de la duración de la fijación usado como medida de legibilidad en el texto. No obstante debe señalarse que en el diseño experimental utilizado en el presente estudio no se cuantificó directamente el tiempo total ni la velocidad, por lo que el efecto de la duración de la fijación en estas variables debe ser evaluado en estudios posteriores.

Así mismo debe destacarse que nuestros resultados son coincidentes con la investigación de Jung-Yong (2014) en la que se reporta que la duración de las fijaciones en lecturas digitales son más largas que en la lectura impresa.

Por otra parte debe considerarse que existen reportes en la literatura consultada (Rayner, 1989) que consideran que la duración de la fijación se relaciona linealmente con la complejidad conceptual del texto, así como con la frecuencia en que se utilizan palabras no familiares para el sujeto. En esta dirección debe señalarse que el efecto de la complejidad conceptual del texto no ha influido en las diferencias de duración de la fijación que reportamos en el presente estudio, pues el diseño experimental garantiza que se presenten los mismos textos en ambos soportes (impreso/digital).

Otro grupo de investigadores (Bayat & Pomplun, 2016), obtienen resultados contradictorios con los reportados por Rayner, K. et al (1989), encontrando que la duración media de la fijación no se relaciona directamente con el nivel de complejidad del texto.

En segundo lugar analizamos los resultados obtenidos en la cuantificación de la amplitud de los movimientos sacádicos. Se obtuvo en la lectura del texto en formato impreso, que la amplitud de la sacada en grados y su equivalencia en milímetros es **significativamente mayor** con referencia a los valores obtenidos para la amplitud del movimiento sacádico durante la lectura del texto en formato digital.

La amplitud de los movimientos sacádicos durante la lectura ha sido asociada al procesamiento cognitivo de la información en particular con los procesos atencionales (Hoffman y Subramaniam, 1995), sobre esta base nuestros resultados podrían sugerir que el proceso de lectura del texto en el formato digital, demanda una cantidad mayor de recursos atencionales y de mayor complejidad cognitiva, al requerirse una secuenciación espacial del texto en segmentos más pequeños, el texto es procesado en segmentos más cortos con distancias menores entre cada punto de fijación, lo que debe repercutir en una lectura de menor fluidez y velocidad.

Por otra parte considerando el reporte de Siegenthaler (2011) que muestra que la cantidad de letras por la amplitud de las sacadas durante la lectura influye en el análisis lector del texto. En la presente investigación determinamos la cantidad media de letras que es incluida en cada sacada para cada uno de los formatos de presentación del texto, se hallaron valores muy similares de cantidad de letras por sacadas para ambos formatos (6.12 para el libro impreso y 7.33 para el texto digital). Se consideran las diferencias en el tamaño de las letras y este autor considera que el texto con letras de menor tamaño en el formato digital determina un incremento ligero del número de letras que son procesadas en el segmento de distancia física entre cada movimiento sacádico. No obstante las diferencias del número de letras por formato son mínimas y no deben tener un efecto significativo en las diferentes estrategias de procesamiento visual y cognitivo del texto para ambos formatos. Se sugiere realizar estudios en los que se garantice un tamaño de letra idéntico para cada formato

Con referencia al número de letras incluidas en cada movimiento sacádico, encontramos algunos reportes en la bibliografía consultada que sustentan la hipótesis de que la

longitud del movimiento sacádico depende de la cantidad de letras de la palabra ubicada en el foco de percepción visual a nivel de la región foveal de la retina (Suppes, P., 1990). Por otra parte Cutter, M. G. et al (2018) han reportado que la longitud del movimiento sacádico está sometido a un proceso de adaptación dinámica, basado en la longitud de las palabras previas que condiciona la amplitud de los movimientos sacádicos posteriores para la lectura del resto de la oración, mediante un proceso de adaptativo que denomina como adaptación preferencial de longitud sacádica. En ambos reportes se confirma que la evaluación de número de letras por cada movimiento sacádico es un parámetro dependiente básicamente de la longitud de la palabra en el foco de fijación visual, por lo que se sugiere que la interpretación de la relación longitud de la sacada con el número de letras, debe ser evaluado en futuras investigaciones en función de la longitud en letras de la palabras en el foco de fijación visual.

En resumen los resultados obtenidos en la presente investigación demuestran que el formato de presentación de los textos propuestos por el Mined evidencian diferencias significativas en la duración de las fijaciones, para cada formato, así como de la amplitud de los movimientos sacádicos. En correspondencia con la mayor parte de los reportes bibliográficos consultados (Jung-Yong, K. et al., 2014; Tanner, M. J., 2014; Siegenthaler et al (2011), los resultados obtenidos permiten considerar que la lectura en formato digital se asocia a mayores demandas cognitivas y una posible disminución en la velocidad y legibilidad del texto.

No obstante las evidencias obtenidas no son suficientes para sugerir la utilización preferencial del formato digital o impreso. Nuestros resultados sugieren que los procesos educativos para la adquisición y desarrollo de las habilidades para la lectura pueden depender del formato de presentación del texto (digital vs impreso) y por tanto deben diseñarse estrategias educativas diferenciadas para el desarrollo y perfeccionamiento de la lectura.

CONCLUSIONES

Este estudio comparó la exploración visual del texto durante la lectura de textos digitales e impresos, propuestos por el Mined, en una muestra de 34 escolares primarios en Cuba, como parte del III Perfeccionamiento de la Educación en el país. Los resultados muestran que existen diferencias significativas en la media de la duración de las fijaciones y en la media de la amplitud de los movimientos sacádicos en ambos formatos. Se demostró que durante la lectura de textos impresos las fijaciones son más cortas y los movimientos sacádicos son más largos que en textos digitales, lo cual sugiere que la lectura en textos impresos fue más fluida.

RECOMENDACIONES

- Influyó en este estudio el tamaño desigual de la fuente empleado en los textos utilizados en el sistema educativo cubano. Se recomienda hacer otros estudios donde el tamaño de la letra sea igual.
- Tomar en cuenta en investigaciones posteriores otras variables como el tiempo total de lectura, que podrían ser de interés.
- Explorar el efecto del formato digital en niños con dificultades en la lectura, cambiando las características físicas del texto como iluminación, tamaño de letra, fuente, etc.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angeriz Pampin, E., Da Silva Ramos, M. E. & Bañuls, G. (2016) Estudio sobre la fase piloto de inclusión de tablets en educación inicial y primaria en Uruguay en el marco del Plan Ceibal. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 16(2)
- Barrio Cantalejo, I. M., Simón Lorda, P., Melguizo M., Escalona I., Marijuán, I. & Hernando P., (2008) Validación de la Escala INFLEZ para evaluar la legibilidad de los textos dirigidos a pacientes. *An. Sist. Sanit. Navar.* 2008; 31 (2): 135-152
- Bayat, A. & Pomplun, M. (2016) The influence of text difficulty level and topic on eye-movement behavior and pupil size during reading. *IEEE*. 2016 ICSPIS
- Brainard, D. H. (1997) The Psychophysics Toolbox. *Spatial Vision*. 1997 10:433-436.
- Cornelissen, F.W., Peters, E.M. & Palmer, J. (2002) The Eyelink Toolbox: Eye tracking with MATLAB and the Psychophysics Toolbox. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers* (2002) 34: 613.
- Crossman, A. R. & Neary, D. (2002). *Neuroanatomía. Texto y atlas en color. Barcelona: Masson.*
- Cutter M.G., Drieghe, D., Liversedge, S.P. (2018) Reading sentences of uniform word length – II: Very rapid adaptation of the preferred saccade length. *Psychon Bull Rev.* 2018 Apr 25. Doi: 10.3758/s13423-018-1473-2
- Chen, G., Cheng, W. & Chang, T. W. et al. A comparison of reading comprehension across paper, computer screens, and tablets: Does tablet familiarity matter? *J. Comput. Educ.* (2014) 1: 213. <https://doi.org/10.1007/s40692-014-0012-z>
- Dimigen O., Sommer W., Hohlfeld A., Jacobs A.M. & Kliegl R. (2011) Coregistration of eye movements and EEG in natural reading: analyses and review. *J Exp Psychol Gen.* 2011 Nov; 140 (4): 552-72. DOI: 10.1037/a0023885.
- Dundar, H. & Akcayir, M. (2012) Tablet vs. Paper: The Effect on Learners' Reading Performance. *International Electronic Journal of Elementary Education*. 2012, 4(3), 441-450.

- Freund, L., Kopak, R. & O'Brien, H. (2016) The effects of textual environment on reading comprehension: Implications for searching as learning. *Journal of Information Science*. 2016 Vol. 42(1) 79–93
- Gagl, B.; Hawelka, S. & Hutzler, F. (2011) Systematic influence of gaze position on pupil size measurement: analysis and correction. *Behav Res*. 2011. 43:1171–1181
- Giménez-Amaya, J. M., (2000) Anatomía funcional de la corteza cerebral implicada en los procesos visuales. *REV NEUROL*. 2000; 30: 656-62
- Hoffman, J. E & Subramaniam, B. (1995) The role of visual attention in saccadic eye movements. *Perception & Psychophysics*. 1995, 57 (6), 787-795
- Jung-Yong Kim, Seung-Nam Min, Murali Subramaniyam & Young-Jin Cho (2014) Legibility difference between e-books and paper books by using an eye tracker, *Ergonomics*. 2014, 57:7, 1102-1108, DOI: 10.1080/00140139.2014.909951
- Kleiner, M. Brainard, D. & Pelli, D. (2007) “What’s new in Psychtoolbox-3?” *Perception*. 2017, 36 ECVF Abstract Supplement.
- Kretschmar F, Pleimling D, Hosemann J, Füssel S, Bornkessel-Schlesewsky I, et al. (2013) Subjective impressions do not mirror online reading effort: concurrent EEG-Eyetracking Evidence from the reading of books and digital media. *PLoS ONE* 8(2): e56178. Doi:10.1371/journal.pone.0056178
- Mangen, A., Walgermo B. R. & Brønneck, K. (2013) Reading linear texts on paper versus computer screen: Effects on reading comprehension. *International Journal of Educational Research*. 2013, 58 (2013) 61–68
- Matamoros Gebrero, C. R. (2017) Estudio de la eficacia lectora y su relación con el rendimiento académico en personas con diferentes capacidades intelectuales. Tesis de grado. Universidad de Sevilla. Grado en Óptica y Optometría. <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/64633>
- Nilsson Benfatto, M., Öqvist Seimyr, G., Ygge J., Pansell T., Rydberg, A. & Jacobson, C. (2016) Screening for Dyslexia Using Eye Tracking during Reading. *PLoS ONE*. 2016, 11 (12): e0165508. DOI:10.1371/journal.pone.0165508

- Ortega Maldonado, C., Estrada Senti, V., Febles Rodríguez, J.P. y León Mendosa, M. (2013) La implementación de un modelo educativo para la utilización de tabletas digitales. Un estudio de caso. *UCE Ciencia. Revista de posgrado*. 2(3).
- Palomo-Álvarez, C. & Puell, M. C. (2009) Relationship between oculomotor scanning determined by the DEM test and a contextual reading test in schoolchildren with reading difficulties. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2009 247:1243–1249
- Protopapas, A. & Parrila, R. (2018) Is Dyslexia a Brain Disorder? *Brain Sci*. 2018 Apr; 8 (4): 61. Doi: 10.3390/brainsci8040061
- Rayner, K. (1977) Visual attention in reading: Eye movements reflect cognitive processes. *Memory & Cognition*. 1977, Vol. 5 (4), 443-448
- Rayner, K. (1998) Eye Movements in Reading and Information Processing: 20 Years of Research. *Psychological Bulletin* 124 (3): 372 - 422 DOI10.1037//0033-2909.124.3.372
- Richards, T. L., Berninger V.W., Yagle K., Abbott R.D. & Peterson D. (2018) Brain's functional network clustering coefficient changes in response to instruction (RTI) in students with and without reading disabilities: Multi-leveled reading brain's RTI. *Cogent Psychol*. 2018; 5. pii: 1424680. Doi: 10.1080/23311908.2018.1424680.
- Rivera, S., Best, C. A., Yim, H., Martínez, A. M., Sloutsky, V. M., & Bernhardt-Walther, D. (2012). Automatic selection of eye tracking variables in visual categorization for adults and infants. *CogSci*.
- Siegenthaler, E., Wurtz, P., Bergamin, P. & Groner, R. (2011) Comparing reading processes on e-ink displays and print. *Displays*, 32. 2011, 268–273
- Slattery, T. J. & Rayner, K. (2009) The Influence of Text Legibility on Eye Movements During Reading. *Appl. Cognit. Psychol*. 24: 1129–1148 (2010) DOI: 10.1002/acp.1623
- SR Research. Eye Link 1000 Plus. User Manual. Ontario: Canadá
- Straker, L. M., Coleman, J., Skoss, R., Maslen, B. A., Burgess-Limerick, R. & Pollock, C. M. (2008) A comparison of posture and muscle activity during tablet computer, desktop computer and paper use by young children, *Ergonomics* 2008, 51:4, 540-555, DOI: 10.1080/00140130701711000

- Suppes, P. (1990) Eye-movement models for arithmetic and reading performance. *Rev Oculomot Res.* 1990; 4: 455-77.
- Szu-Yuan, S., Chich-Jen, S. & Kai-Ping H. (2013) A research on comprehension differences between print and screen reading. *SAJEMS Special Issue* 16 (2013): 87-101 87
- Tanner, M. J. (2014). Digital vs. print: Reading comprehension and the future of the book. *SLIS Student Research Journal.* 2014, 4(2). Doi: <http://scholarworks.sjsu.edu/slissrj/vol4/iss2/6>
- Zambarbieri D. & Carniglia E. (2012) Eye movement analysis of reading from computer displays, eReaders and printed books. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2012, 32, 390–396. Doi: 10.1111/j.1475-1313.2012.00930.x

Anexo I

Lecturas de 4to grado

¿Cómo era Martí?

Según los que lo conocieron, Martí era físicamente un hombre de tipo corriente a primera vista, pero en su trato se revelaban su atractivo, su gran talento, cultura y humanismo, que le imprimían el sello indiscutible de hombre extraordinario. Era delgado, pálido; medía aproximadamente cinco pies y seis pulgadas y pesaba entre 130 y 140 libras. De ancha frente y ojos glaucos, su mirada era suave, pero penetrante. Su voz era persuasiva, de pronunciación castellana sin exageración. Durante toda su vida sufrió de la dolencia que le causaron la cadena y el grillete cuando estuvo preso en las canteras de San Lázaro por luchar por la independencia de Cuba. Dormía poco y, pese a ser de una cuna humilde, conocía la buena comida, aunque comía poco. No era aficionado a la bebida, ni fumaba. De pelo negro, su poblado bigote cubría una boca fina. A medida que iba hablando en la tribuna revolucionaria, subyugaba a su auditorio. Vestía modestamente, negros el traje y la corbata, en señal de luto por la patria encadenada. Era hombre cordial y cortés, siempre tenía una palabra amable, aunque mantenía con firmeza sus convicciones. Trabajador incansable, su labor como revolucionario, escritor, periodista, poeta y orador era admirable por la profundidad de su pensamiento. Sus manos de intelectual y artista eran finas. En la izquierda usaba un anillo de hierro con la palabra "Cuba". Amaba la naturaleza, los buenos libros y la buena música. Sabía apreciar la pintura y fue aficionado al teatro, para el que escribió varias obras y proyectó otras, que no tuvo tiempo ni sosiego para realizar. Sacando nuevas fuerzas ante cualquier revés, desde su adolescencia rebelde hasta su muerte, luchó sin desmayo, con voluntad de hierro por la independencia de Cuba, por nuestra América y por la humanidad "con todos y para el bien de todos". Fue un gran hombre, por su vida limpia y fecunda al servicio de los más altos ideales. Murió "de cara al sol" a los 42 años.

Gonzalo de Quezada

A la madre

Hanábana; octubre 23 de 1862

Estimada mamá:

Deseo antes de todo que Ud. Esté buena lo mismo que las niñas, Joaquina, Luisa y mamá Joaquina. Papá recibió la carta de Ud. con fecha 21, pues el correo del Sábado que era 18 no vino, y el martes fue cuando la recibió; el correo —según dice él— no pudo pasar por el río titulado “Sabanilla” que entorpece el paso para la “Nueva Bermeja” y lo mismo para aquí, papá no siente nada de la caída, lo que tiene es una picazón que desde que se acuesta hasta que se levanta no le deja pegar los ojos, y ya hace tres noches que está así. Y todo mi cuidado se pone en cuidar mucho mi caballo y engordarlo como un puerco cebón, ahora lo estoy enseñando a caminar enfrenado para que marche bonito, todas las tardes lo monto y paseo en él, cada día cría más bríos. Todavía tengo otra cosa en que entretenerme y pasar el tiempo, la cosa que le digo es un “Gallo fino” que me ha regalado Dn. Lucas de Sotolongo, es muy bonito y papá lo cuida mucho, ahora papá anda buscando quien le corte la cresta y me lo arregle para pelearlo este año, y dice que es un gallo que vale más de dos onzas. Tanto el río que cruza por la “finca” de Dn. Jaime como el de la “Sabanilla” por el cual tiene que pasar el correo, estaban el sábado sumamente crecidos, llegó el de acá a la cerca de Dn. Domingo, pero ya han bajado mucho. Y no teniéndole otra cosa que decirle déle expresiones a mamá Joaquina, Luisa y las niñas y a Pilar déle un besito y Ud. recíbalas de su obediente hijo que le quiere con delirio.

José Martí