



Universidad Virtual

Escuela de Graduados en Educación

**Aprendizajes con el uso de la calculadora gráfica en un ambiente
colaborativo**

Tesis que para obtener el grado de:

Maestría en Educación Media Superior

presenta:

Mireya Olivas Duarte

Asesor tutor:

M.C. Isabel Cristina Elizondo Ordóñez

Asesor titular:

Dra. Ángeles Domínguez Cuenca

Monterrey, Nuevo León, México

Noviembre, 2012

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo identificar aprendizajes desarrollados al utilizar la calculadora gráfica TI-Nspire en un ambiente colaborativo. Se siguió una metodología cualitativa y como instrumentos de recolección de datos se realizaron observaciones y se aplicó un cuestionario en línea que contenía 24 preguntas y una sección tipo Likert con nueve ítems en un formato de respuesta de 0 a 4 puntos. La muestra consistió de 72 estudiantes universitarios de ambos géneros y edades de entre 17 y 23 años que cursaban la materia de Introducción a las Matemáticas. Después de un análisis de incidencias se obtuvieron las siguientes categorías: ventajas del uso de la TI-Nspire, maneras en que la TI-Nspire apoya el aprendizaje de las matemáticas, conocimientos, habilidades y actitudes que se desarrollan con el uso de la TI-Nspire, formas como se aprende a manejar la TI-Nspire, dificultades con el uso de la TI-Nspire y beneficios al utilizar la TI-Nspire y el TI-Navigator. Se concluye que la TI-Nspire es una herramienta útil, que ayuda a la comprensión de los conceptos matemáticos gracias a los procesos de manipulación, comprobación y visualización que permite y que favorece el desarrollo de habilidades matemáticas como el análisis, el razonamiento y la interpretación.

Tabla de Contenidos

Capítulo 1. Planteamiento del problema.....	1
1.1 Marco contextual.....	1
1.2 Antecedentes.....	4
1.3 Planteamiento del problema.....	8
1.4 Objetivos de investigación.....	10
1.5 Hipótesis.....	11
1.6 Justificación de la investigación.....	12
1.7 Limitaciones del estudio.....	13
Capítulo 2. Marco teórico.....	15
2.1 El aprendizaje.....	15
2.1.1 El papel del lenguaje en el trabajo colaborativo.....	17
2.1.2 Operaciones formales.....	20
2.1.3 Aprendizaje colaborativo.....	21
2.1.4 Representaciones y visualización.....	24
2.2 Uso de la tecnología en la enseñanza de las matemáticas.....	28
2.2.1 Tecnología TI-Nspire.....	35
2.3 Investigaciones relacionadas.....	39
2.4 Conclusiones.....	53
Capítulo 3. Metodología.....	55
3.1 Método de investigación.....	55
3.2 Población y muestra.....	57
3.3 Temas, categorías e indicadores de estudio.....	58
3.4 Técnicas de recolección de datos.....	63
3.5 Prueba piloto.....	65
3.6 Aplicación de instrumentos.....	66
3.7 Captura y análisis de datos.....	67

Capítulo 4. Análisis de resultados.....	68
4.1 Presentación de resultados.....	68
4.2 Análisis e interpretación de los resultados.....	83
Capítulo 5. Conclusiones.....	95
Lista de referencias.....	106
Apéndice A. Cuestionario sobre el uso de la TI-Nspire (piloto).....	110
Apéndice B. Cuestionario sobre el uso de la TI-Nspire.....	113
Apéndice C. Currículum Vitae.....	117
Apéndice D. Fotografías	118

Capítulo 1. Planteamiento del Problema

En este capítulo se abordan los puntos que muestran el origen de la idea de investigación, ya que se describe el contexto o ambiente donde se llevó a cabo el estudio en el apartado de marco contextual. También se describen los antecedentes que llevaron a indagar sobre el tema, así como el planteamiento del problema que se quiere resolver o al que se quiere dar respuesta a través del estudio. Finalmente se presentan los objetivos, la justificación y las limitaciones de la investigación, en ellos se explica lo que se va a hacer, las repercusiones y la relevancia de tales acciones y la demarcación del estudio respectivamente.

1.1. Marco contextual

El estudio referente a aprendizajes logrados con el uso de la calculadora se desarrolló en uno de los campus de una universidad privada de reconocido prestigio en el país, el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM). A esta universidad acuden estudiantes de un nivel económico medio alto a alto provenientes de diversos lugares, muchos de ellos son estudiantes becados que sobresalen por su alto rendimiento académico y que una vez graduados son valorados y reconocidos en el mercado laboral por su gran desempeño.

El estudio se llevó a cabo específicamente en el Campus Monterrey ubicado en la ciudad de Monterrey, Nuevo León, en un aula especial que está equipada con tecnología moderna y que se le conoce con el nombre de Sala ACE (Aprendizaje Centrado en el Estudiante). Se le ha dado este nombre precisamente porque su diseño se ha hecho

pensando en el estudiante. En ella se imparten clases de matemáticas y física. Los participantes del estudio fueron estudiantes de primer ingreso que, aunque estudiaban carreras diferentes, tomaron un curso de nivelación, Introducción a las Matemáticas.

La sala ACE tiene un diseño innovador en cuanto a su mobiliario y en cuanto a su equipamiento tecnológico. Sobre el primero se encuentran las 8 mesas circulares de 2 m. de diámetro y 1.2 m. de altura en la que se pueden distribuir 9 estudiantes organizados en equipos de tres. Se considera que la altura de la mesa ayuda en la interacción de los estudiantes con el profesor, ya que éste último permanecería en una posición más cómoda al momento de acercarse a ellos (Zavala, Alarcón, Domínguez y Rodríguez, 2010). Como una opinión particular considero que aunque la altura de la silla podría influir en la interacción con otros estudiantes además de los de su equipo ya que puede resultar incómodo bajarse de ella, también podría ayudar a evitar el desorden en el aula.

La sala también cuenta con 4 pantallas de proyección que permiten mostrar lo que los alumnos y el maestro están realizando en sus calculadoras o en sus computadoras. Esto permite comparar y compartir las acciones de los estudiantes y al profesor le permite darse una idea de cómo están trabajando los estudiantes y quién podría estar teniendo dificultades.

Las pantallas en conjunto con el proyector permiten ver las acciones que desde su mesa realiza el profesor, como si fuera un video en vivo. Aunque el grupo era numeroso a través de las pantallas podían ver y escuchar, con ayuda del micrófono, todo lo que el profesor realizaba bajo el proyector.

El apoyo de otros medios como el facebook para tareas e indicaciones, así como el uso de la plataforma permitían ampliar la comunicación entre el grupo, el profesor y los auxiliares. Por el uso de la plataforma este curso de Introducción a las Matemáticas podría considerarse como un curso b-learning en el que se combina la clase presencial y el e-learning.

Cada equipo contaba con una computadora HP portátil tipo Tablet con acceso a internet en la que podían realizar diversos tipos de tareas en una forma dinámica, así como una calculadora TI-Nspire que tenía la característica de poder ser conectada al resto de las calculadoras permitiendo así el intercambio de información entre los alumnos y el profesor, quien podía enviar y recibir datos, así como realizar encuestas.

En la sala ACE también se contaba con clickers que son pequeños aparatos portátiles que funcionan como un control remoto. Permiten a los estudiantes contestar preguntas de opción múltiple de manera remota. El profesor los utilizaba para apoyar el debate por pares. Primero cada alumno analizaba la pregunta que aparecía en las pantallas, con el clicker elegía la respuesta que consideraba correcta, después comentaba con su compañero su elección y le presentaba argumentos sobre su decisión; mediante una especie de debate ambos llegaban a un acuerdo sobre la respuesta correcta y finalmente volvían a contestar la pregunta de acuerdo a la nueva perspectiva.

Los pintarrones también formaban parte del mobiliario de la sala ACE; en tres lados del salón éstos permitían a los estudiantes mostrar o explicar al resto de sus compañeros algún concepto o idea. Uno de estos pintarrones podía ser proyectado al salón utilizando una cámara de documentos que entre sus funciones estaba precisamente la de proyectar trabajos en las pantallas.

Una de las mesas contaba con 3 videocámaras y 3 micrófonos con fines de investigación ya que permitían grabar a los alumnos trabajando colaborativamente o interactuando entre ellos.

En la sala ACE se podían realizar videoconferencias y buscar o enviar información utilizando una computadora del aula o una propia ya que contaba con internet alámbrico e inalámbrico,

Los estudiantes sólo usaban la calculadora TI-Nspire y el TI-Navigator en la sala ACE durante las clases de Introducción a las Matemáticas y además contaban con calculadoras propias de diversas marcas y modelos. Los estudiantes no contaban con manuales o instructivos para conocer todas las funciones de la calculadora TI-Nspire, era a través de las explicaciones de la profesora que aprendían a utilizarla.

1.2. Antecedentes

La investigación en la educación es esencial. Es importante saber qué ocurre en las aulas, cómo aprenden los alumnos, qué estrategias utiliza el profesor para lograr los objetivos que se plantean al inicio. Por lo tanto no sorprende que muchas investigaciones sean realizadas sobre diversos aspectos en muchos centros educativos. Lozano (2005) destaca la importancia de que los mismos profesores realicen investigación de sus prácticas en las aulas, ya que considera que el conocimiento que se genera es esencial en la educación.

Al entrar en una biblioteca y ver la cantidad de libros que tratan sobre el aprendizaje se puede deducir que es un fenómeno complejo que ha sido estudiado por muchas personas y durante muchos años. Y como hasta el momento continúan las

investigaciones sobre este tema, también se podría suponer que aún no hay una receta mágica que permita a los profesores diseñar actividades que lleven a los alumnos a desarrollar todo su potencial de la mejor manera, que los haga personas autodidactas que tengan la motivación de continuar aprendiendo, descubriendo e innovando a favor de la sociedad.

Aunque existen diferencias entre las personas hay muchas cosas que existen en común, por tal razón es posible realizar algunas generalizaciones o predicciones, o plantear teorías cuando se perciben conductas similares en ellas. Estas conductas, muchas veces, son resultado de una serie de situaciones que las personas han vivido, el ambiente en que se han desarrollado, su genética, etc. por lo que los estudios que se realizan en una comunidad o grupo de personas debe ser contextualizado, se debe especificar bajo qué circunstancias se está realizando la investigación (Hernández, Fernández y Baptista, 2010).

El tema de la tecnología en la educación es sin duda importante y por lo tanto ha sido objeto de estudio de varios investigadores que han intentado describir o comprender la forma como ésta repercute en el aprendizaje, ya sea impulsándolo, acelerándolo o cambiando la forma de hacer las cosas y por lo tanto cambiando actitudes hacia ciertos aspectos didácticos (Dávila, 2007; NCTM, 2003; Pierce, Stacey & Barkatsas, 2007; Ramos, 2010; Waldegg, 2006).

La tecnología está presente en casi cualquier lugar del planeta y ya forma parte de la vida del ser humano. Las computadoras se han convertido en herramientas indispensables y su efecto en el proceso de enseñanza-aprendizaje no se ha dejado esperar (NCTM, 2003). En las carreras de ingeniería es normal que los estudiantes

utilicen calculadoras y hojas de cálculo para resolver problemas matemáticos, computadoras para desarrollar programas de simulación y control de procesos. Éstos y otros como el uso generalizado de teléfonos celulares, iPods, Lap tops, etc. son ejemplos de cómo la tecnología ha tenido influencia en la forma de vivir y aprender de las personas, por lo tanto ha sido tema de interés y estudio el impacto que ésta tiene en la sociedad.

En muchos centros educativos se ha estudiado desde el cambio de actitud con el uso de una computadora o de una calculadora, tanto en estudiantes como en profesores, hasta habilidades o estrategias que los estudiantes han desarrollado gracias a su uso. Se ha estudiado cómo influye el uso de una calculadora gráfica en la actitud y la perspectiva de los estudiantes hacia el aprendizaje de las matemáticas. También se ha investigado cómo el uso de una calculadora gráfica ha ayudado a los alumnos a comprender mejor los conceptos abstractos a través de las diversas representaciones matemáticas que se pueden manejar en este tipo de calculadoras (Hennessy, Fung y Scanlon, 2001; Rodríguez, Castro y Walter, 2005). En otros casos se han comparado las calificaciones o resultados en los exámenes de los alumnos que no han utilizado una calculadora gráfica con los de los alumnos que además de tener acceso a ella han recibido un tutorial que los ha capacitado en su uso (Horton, Storm y Leonard, 2004). Y en otros más se ha comparado la computadora y la calculadora y se han analizado las ventajas de una frente a la otra, mientras que la primera permite ver en una pantalla varias cosas a la vez como tabulaciones, gráficas y ecuaciones, entre otras ventajas, la segunda es más económica, más fácil de transportar y puede utilizar pilas como baterías recargables (Foster, 2006).

Los estudios han sido muchos y todo apunta a que se seguirán realizando más, sobre todo porque la tecnología cambia continuamente y probablemente aparecerán nuevos artefactos que se utilizarán en las escuelas y que muy probablemente causarán efectos en la forma de pensar de los alumnos (Kaput, Lesh y Hegedus, 2007). Así que muchos investigadores estarán esperando el momento de llevar a cabo nuevas indagaciones que aporten información relevante o conocimiento útil en esos momentos.

En la actualidad es una necesidad incorporar la tecnología en las aulas y con mayor razón en niveles superiores y en escuelas que están a la vanguardia en lo que a innovación se refiere. La sala ACE está equipada de manera que crea un ambiente de aprendizaje mediado tanto por el profesor y asistentes como por las diferentes herramientas electrónicas y tecnológicas (Zavala, et al., 2010).

Las herramientas tecnológicas pueden ayudar a los estudiantes a desarrollar habilidades y destrezas siempre y cuando se utilicen en forma consciente, es decir, a favor del aprendizaje, ya que de lo contrario no se aprovecharían y el propósito de su incorporación en las aulas no se lograría (McDougall y Karadag, 2009).

Las actividades que se planteaban en la materia de Introducción a las Matemáticas normalmente incluían trabajos en equipo. Algunas de esas actividades requerían el uso de la computadora y calculadora a la vez, mientras un miembro del equipo utilizaba una de ellas el otro utilizaba la otra haciendo cambio de roles y utilizando el lenguaje para resolver los conflictos cognitivos que se les presentan. También, en forma colaborativa, se resolvían los problemas en los pintarrones. Las pantallas eran utilizadas para presentar lo que cada equipo estaba realizando en sus calculadoras y la información que el profesor quería mostrar a todo el grupo (Zavala, et al., 2010).

Actualmente se están haciendo otros estudios que puedan arrojar información importante sobre actitudes mostradas al trabajar en un aula de este tipo. Es claro que la inversión utilizada en este tipo de aulas no es la misma que en cualquier aula tradicional, y también podría resultar obvio que para invertir en equipo como el que se encuentra en la sala ACE primero fue necesario analizar las ventajas que el proyecto ofrecía. Por lo tanto es importante verificar si realmente se están logrando los objetivos y las metas planteadas en el proyecto de diseño de un aula que está equipada de esta manera. Es necesario comprobar que estas herramientas realmente están sirviendo de apoyo o están ayudando a mediar el aprendizaje. Esto podría deducirse de las percepciones de los estudiantes y profesores; del grado de aprovechamiento de éstos estudiantes en comparación con aquellos que no utilizan esas herramientas y observando la manera como se desenvuelven los primeros cuando utilizan herramientas nuevas.

Cuando se habla de competencias y de desempeño éste último debe ser evaluado a través de conductas, habilidades, conocimientos y destrezas adquiridas. Así pues es necesario investigar de cerca cómo está influyendo este ambiente de aprendizaje diseñado para incorporar la tecnología a la enseñanza. Cómo permite este ambiente desarrollar en los estudiantes las diversas competencias requeridas para responder de una manera satisfactoria a las demandas de una sociedad en constante cambio e innovación tecnológica (Frade, 2009).

1.3. Planteamiento del problema

La incorporación de una herramienta en el aula como es el caso de la calculadora gráfica repercute en la forma como se perciben las matemáticas y en el desempeño de

los alumnos en esta materia. También los estudios realizados han concluido que los alumnos que tienen acceso a ella adquieren habilidades y actitudes que les permiten comprender mejor los conceptos abstractos que caracterizan esta disciplina (Rodríguez et al, 2005). Hoy en día muchos jóvenes están muy familiarizados con el uso de diversos equipos electrónicos y parecería que se resisten menos que los adultos a los cambios que se presentan constantemente en estos equipos. Su capacidad de exploración los lleva a descubrir funciones de estos dispositivos, a utilizarlas de una manera natural y a transferir esos procedimientos de exploración en otro tipo de tecnologías.

En la actualidad el concepto de competencia y el de desempeño ha tomado relevancia. La importancia de que un alumno no sólo construya su aprendizaje sino que se desempeñe de una manera exitosa en el mundo laboral ha permitido desglosar varias facetas del este fenómeno, entre ellas se encuentran los conocimientos, las habilidades, las destrezas, las actitudes y los valores (Frade, 2009); por lo tanto se puede observar y analizar lo que ocurre en estas manifestaciones del aprendizaje cuando se incorpora el uso de una calculadora gráfica al currículo escolar (Martin, 2008).

El aprendizaje colaborativo con el uso de la computadora también ha sido estudiado y se han observado los beneficios de esta forma de trabajar (Crook, 1998). El uso de la calculadora gráfica en forma colaborativa puede arrojar interesantes resultados y seguramente también podría mostrar beneficios en cuanto al logro de aprendizajes. Por lo tanto se plantearon las siguientes preguntas de investigación:

¿Qué aprendizajes pueden adquirir los estudiantes de matemáticas al utilizar la calculadora gráfica TI-Nspire en la solución de problemas en forma colaborativa?

¿De qué forma se manifiestan en conductas observables las habilidades, conocimientos, actitudes, destrezas y valores adquiridos o desarrollados con el apoyo de la calculadora gráfica en actividades realizadas en forma colaborativa?

¿Qué perspectiva tiene el alumno sobre el impacto de la calculadora en su aprendizaje?

1.4. Objetivos de investigación

Las acciones que se realizaron dentro del escenario o ambiente de la sala ACE estuvieron encaminadas a detectar aprendizajes que se desarrollaban al trabajar en actividades en forma colaborativa con la calculadora TI-Nspire. No sólo se pretendió corroborar resultados de otras investigaciones, sino que se buscaron categorías de aprendizaje que no se habían deducido anteriormente, se identificaron manifestaciones, comportamientos o conductas que permitieron deducir procesos cognitivos que se desarrollan al utilizar una calculadora gráfica.

Las observaciones realizadas permitieron identificar conductas en los estudiantes, la forma cómo interactuaban al trabajar en forma colaborativa poniendo atención a la comunicación, al uso del lenguaje y al logro de consenso, etc. También se conocieron los procedimientos de resolución de problemas que utilizaban así como la forma como se desempeñaban en las actividades, la actitud que mostraban ante ellas y el avance gradual que iba presentando en cuanto al manejo y dominio de la herramienta.

Aunque con las observaciones se logró recopilar información útil, es importante considerar que los datos recopilados fue lo que el observador percibió con sus sentidos y que aunque se trató de interpretarlos de la manera más objetiva posible, siempre cabe la

posibilidad de hacer interpretaciones subjetivas, por lo tanto el uso de cuestionarios ayudó a complementar la información ya que permitió conocer el punto de vista del alumno, sus percepciones, opiniones y la manera como procedía para aprender los conceptos matemáticos y para solucionar los problemas, de esta forma también se estimuló en ellos el proceso de la metacognición.

A partir del análisis de los datos recopilados con los distintos instrumentos de recolección se llegó a conclusiones que permiten tomar decisiones en cuanto a la incorporación de la calculadora gráfica en las aulas, ya sea que se generalice su uso a más grupos, que se adquiera tecnología con otras características o que se hagan modificaciones en cuanto a la frecuencia, diseño de actividades o en cuanto al procedimiento que se sigue para lograr que el alumno domine sus funciones.

1.5. Hipótesis

A partir de información de diversos estudios se puede esperar que el uso de una herramienta tecnológica como es el caso de la calculadora gráfica permita desarrollar habilidades cognitivas en los estudiantes que tienen acceso a ella y que la utilizan de una forma práctica y frecuente resolviendo problemas o situaciones que representan fenómenos reales. Además si el uso de la tecnología se complementa con el trabajo colaborativo donde dos o más compañeros interactúan para lograr solucionar los problemas o realizar las actividades, se espera que los logros en cuanto a aprendizajes sean más notorios y considerables.

La falta de manuales o instructivos al alcance de los alumnos, podría limitar el dominio de la calculadora por parte del estudiante, debido a que no la aprovecha o la

explota al máximo. También se podría avanzar más en el dominio de esta herramienta cuando se dispone de ella fuera de clase, ya sea para realizar tareas de la misma materia o de otras, para fortalecer los conocimientos adquiridos en clase o para usarla en la solución o entendimiento de fenómenos reales que ocurren cotidianamente.

1.6. Justificación de la investigación

Es importante mencionar que para que el aprendizaje tenga sentido o sea significativo para el alumno es necesario vincularlo con situaciones cotidianas o con fenómenos reales y utilizarlo para resolver problemas o atender necesidades que le conciernen (Ausubel, 1976). En el caso específico de la calculadora gráfica es importante destacar que gracias a que permite visualizar lo que una ecuación o un conjunto de símbolos representa, acerca más al estudiante a la realidad, también podría desarrollar en él habilidades de interpretación, entre otras.

El uso de la tecnología está presente en muchas áreas del conocimiento, no necesariamente está supeditado a unas cuantas; las herramientas con las que cuenta la sala ACE podrían ser aprovechadas para desarrollar clases de otras áreas y así obtener un mejor provecho de la inversión que se utilizó. Por lo tanto fue necesario conocer qué beneficios trae consigo el uso de la calculadora gráfica en cuanto a aprendizajes adquiridos y analizar cómo podría ser utilizada en otras materias como economía, finanzas, química, biología, etc. que también hacen uso de ecuaciones y gráficas para explicar fenómenos de diversa índole.

Aunque este estudio también pretendía analizar el grado de aprovechamiento de esta herramienta al comparar la cantidad de funciones que se utilizó con la cantidad de

funciones con las que contaba la TI-Nspire, no se alcanzó a realizar, aunque se pudo observar que ofrece un gran potencial para resolver diversos problemas matemáticos y que algunas estrategias, como invitar a personal experto a compartir experiencias y actividades, podría ser de gran ayuda para la motivación y el aprendizaje de los alumnos. El estudio también ayudaría a conocer los requerimientos tecnológicos que el curso requería y así poder decidir qué tipo de calculadora era la adecuada para los estudiantes. En otras palabras poder elegir una calculadora gráfica que cumpliera con las expectativas de acuerdo al plan de trabajo y una vez que se fuera avanzando en los niveles de estudio ir incorporando otras que presentaran funciones o características que pudieran ser aprovechadas eficientemente.

1.7. Limitaciones del estudio

El acceso a la sala ACE no formó parte de las limitaciones, sin embargo el hecho de que el investigador no formara parte del equipo docente pudo haber representado una desventaja en cuanto a la detección de los aprendizajes que los alumnos adquirían y mostraban a través de conductas, ya que la constancia y la convivencia cercana que tiene el profesor con los alumnos le puede permitir darse cuenta de los progresos o los cambios en el desarrollo de sus habilidades.

El tiempo pudo representar una limitante porque si bien el alumno se familiarizó y aprendió a usar la calculadora gráfica en el transcurso del semestre probablemente no le fue suficiente para continuar en un nivel superior de dominio de la herramienta y por lo tanto no se logró apreciar otros niveles de aprendizaje posibles.

La frecuencia en el uso de la calculadora pudo haber implicado que se interrumpiera un proceso de familiarización y dominio de las funciones de la misma. En otras palabras, el no usar diariamente esta herramienta pudo haber retardado la habilidad para usarla y la oportunidad de explotarla de manera que favoreciera el desarrollo de capacidades.

El perfil del investigador en cuanto a su formación pudo haber sido una limitante por la forma en que percibe las cosas. Una escasa experiencia en el área de pedagogía y psicología podrían influir en la capacidad de detección de conductas o en la interpretación de la información obtenida.

El interés que mostraron los estudiantes ante el uso de la TI-Nspire pudo repercutir en la motivación y por lo tanto en los aprendizajes adquiridos a través de las situaciones didácticas que se presentaron. Esta falta de interés podría derivarse del tipo de carrera que estaban estudiando o por una resistencia a usar una calculadora diferente a la que estaban acostumbrados a utilizar.

Capítulo 2. Marco teórico

En este capítulo se aborda la temática relacionada con la generación de aprendizajes al utilizar tecnología, específicamente las calculadoras gráficas TI-Nspire, calculadora diseñada por Texas Instruments y que en el presente estudio se utilizan en un ambiente colaborativo y en un espacio en el que se tiene acceso a otras tecnologías como computadoras, cámaras de video, pantallas y un sistema de conexión de las calculadoras conocido como TI-Navigator.

Se parte de las teorías del aprendizaje que dan fundamento al estudio principalmente la Teoría sociocultural de Vygotsky, la cual enfatiza la importancia del trabajo colaborativo para aprender, y el concepto de las operaciones formales de Piaget, por la etapa de aprendizaje de los participantes así como el papel de las representaciones y la visualización en el aprendizaje de los conceptos abstractos.

Al final de este capítulo se presentan en forma sintetizada algunas investigaciones que se han realizado acerca de la forma cómo influye el uso de tecnología en el aprendizaje de las matemáticas.

2.1. El aprendizaje

Las teorías que apoyaron el presente estudio y que posiblemente en ellas se basó el diseño de la sala ACE por la organización y diseño de mobiliario que fomenta la interacción, la comunicación y el aprendizaje colaborativo, fueron la teoría sociocultural de Vygotsky en la que conceptos como mediación, lenguaje, zona del desarrollo próximo (ZDP) y aprendizaje colaborativo toman vida o se ven reflejados durante el

desarrollo de una clase de matemáticas, y la teoría de Piaget en cuanto a la etapa de operaciones formales en la que, en este caso los estudiantes ya pueden trabajar con términos abstractos, ya pueden hacer deducciones y obtener conclusiones; y las matemáticas están muy relacionadas con la abstracción.

Para Piaget (1972) el aprendizaje está relacionado con el desarrollo, mientras que Vygotsky (1996) lo define como un aspecto universal y necesario del proceso de desarrollo culturalmente organizado y específicamente humano de las funciones psicológicas, y aunque está directamente relacionado con el proceso del desarrollo infantil no se llevan a cabo en igual medida ni paralelamente. Además este autor reconoce que existen relaciones dinámicas muy complejas entre ambos procesos que no pueden verse limitadas por ninguna formulación hipotética invariable.

También uno de los modelos de enseñanza aprendizaje que toma conceptos de varias teorías es el de competencias, que tiene como principal meta el desempeño, el aprender para hacer, el desarrollar conocimientos, habilidades y capacidades para aplicarlos en contextos diferenciados. El uso de la calculadora gráfica, a través de las representaciones, permite acercar más el conocimiento abstracto a la realidad, a los fenómenos que ocurren cotidianamente y es así como el estudiante puede dar un mayor significado a lo que aprende, relacionando la nueva información con sus conocimientos y experiencias previas, por lo tanto también la teoría de Ausubel (1976) de aprendizaje significativo toma importancia en este estudio.

Según Frade (2009) el aprendizaje de conocimientos trae posteriormente habilidad de pensamiento, que a su vez genera destrezas al usar tal conocimiento, las destrezas se demuestran cuando se puede realizar alguna cosa y este poder hacer desarrolla actitudes

positivas o motivación por indagar más, por aprender más demostrando interés por lo que se hace.

Hablando de competencias en los estudiantes, esta misma autora menciona las competencias de aprendizaje, que comprenden el aprendizaje conceptual, el procedimental, el actitudinal y que es importante reconocer en el presente estudio. En el aprendizaje de las matemáticas con apoyo de las calculadoras gráficas, el alumno primero debe conocer los conceptos básicos como los números, las variables y las ecuaciones que los integran, posteriormente debe saber cómo resolver e interpretar los problemas que incluyan ecuaciones en papel y en la calculadora y finalmente viene la actitud que demuestran ante tal desempeño, ya sea que se sientan capaces y motivados por saber desarrollar la tarea, que sientan más confianza con el uso de la calculadora y que busquen nuevas tareas a realizar que demanden mayor habilidad y conocimiento.

Sin dejar a un lado este tema de competencias y haciendo referencia al profesor, entre las lúdico-didácticas que debe desarrollar un buen mediador se encuentra la de valorar los medios electrónicos como herramientas para diseñar situaciones u oportunidades de aprendizaje. El uso de nuevas tecnologías debe llevar implícito el usarlas de una manera crítica y responsable (Frade, 2009).

2.1.1. El papel del lenguaje en el trabajo colaborativo.

El hombre como ser naturalmente social tiene la necesidad de interactuar con su medio y con las demás personas cercanas a él, esta convivencia o relación es un medio también para el aprendizaje ya que así adquiere conocimientos sobre su cultura y sobre su entorno. Una de las principales herramientas que utiliza para llevar a cabo ese

intercambio de conocimientos, ideas y experiencias es el lenguaje en cualquiera de sus formas, además también sirve para apoyar el desarrollo de habilidades y destrezas (Vygotsky, 1996).

Cuando los alumnos trabajan en forma colaborativa utilizan el lenguaje como herramienta principal para planear estrategias, llegar a acuerdos, tomar decisiones y corregir ideas o conocimientos erróneos. Vygotsky (1996) señala que el sistema de actividad del niño está determinado en cada etapa específica tanto por el grado de desarrollo orgánico del niño como por su grado de dominio en el uso de los instrumentos. Según él, Piaget no atribuía al lenguaje un papel importante en la organización de las actividades del niño ni subrayaba sus funciones comunicativas aunque se viera obligado a aceptar su importancia práctica.

Para Vygotsky (1996) el momento más significativo en el proceso del desarrollo intelectual que deja ver las formas más puramente humanas de la inteligencia práctica y abstracta, es cuando el lenguaje y la actividad práctica convergen. En sus investigaciones este autor descubrió que el lenguaje no sólo acompaña a la actividad práctica, sino que también desempeña un papel específico en su realización; por lo que de ahí se desprenden dos cosas importantes: una es que para el niño hablar es tan importante como actuar cuando trabaja para lograr una meta y que cuanto más compleja le resulte una situación mayor es la importancia que se le da al lenguaje. Reconoce que el lenguaje, los ojos y las manos de los niños los ayudan a resolver tareas prácticas.

Otras consideraciones de Vygotsky (1996) en relación al lenguaje son las siguientes: 1) el lenguaje no sólo facilita la manipulación efectiva de objetos por parte del niño, sino que controla su comportamiento, 2) la cantidad relativa de lenguaje

egocéntrico (mencionado por Piaget) aumenta en relación con la dificultad de la tarea exigida, 3) cuando los niños se ven privados de utilizar su lenguaje social, se conectan con su lenguaje egocéntrico, 4) cuando se le presentan al niño tareas complicadas, éste aumenta el uso de su lenguaje emocional así como el esfuerzo para lograr soluciones menos automáticas y más inteligentes, 5) el mayor cambio en la capacidad del niño en el uso del lenguaje como instrumento para solucionar problemas se da cuando el niño logra interiorizar el lenguaje socializado, 6) la capacidad de desarrollo del lenguaje en el niño lo ayuda a equiparse de instrumentos auxiliares en la solución de problemas, a vencer sus impulsos, a planear antes de ejecutar y a dominar su propia conducta y 7) los signos y las palabras sirven a los niños, en primer lugar y sobre todo como un medio de contacto social con las personas.

Desde el punto de vista de Piaget (1972) y refiriéndose a la etapa de la infancia, el niño habla para sí, la palabra antes de tener la función de socializar el pensamiento, tiene la función de acompañar y reforzar la actividad individual. El lenguaje del niño es egocéntrico porque sólo habla de él mismo y no muestra interés por el punto de vista del interlocutor (p.22). Sin embargo cuando el autor se refiere al lenguaje y pensamiento adulto lo considera socializado pero capaz de intimidad, mientras que el pensamiento del niño es egocéntrico pero incapaz de intimidad. El adulto, aún en una tarea personal e íntima piensa socialmente. El niño aunque habla más no quiere decir que socializa su pensamiento sino que posee menos continencia verbal porque ignora la intimidad del yo. El adulto piensa socialmente aún cuando está solo, y el niño piensa y habla de manera egocéntrica aún cuando está en sociedad, eso se deriva de la ausencia de vida social duradera.

De lo anterior se puede deducir que los participantes que se consideran para llevar a cabo la investigación le dan un papel más socializador al lenguaje y lo utilizan para lograr desarrollar procesos mentales más complejos.

2.1.2. Operaciones formales

Como se menciona anteriormente la muestra de estudiantes en los que se llevó a cabo el estudio, según la perspectiva de Piaget, se encontraban en una etapa del desarrollo denominada operaciones formales. Según Ormrod (2008) Piaget describe las operaciones formales como la etapa en la que las personas desarrollan la capacidad de razonar con datos o información abstracta y en la que aparecen otras capacidades esenciales para las matemáticas y el razonamiento científico. Para Piaget (1972) las operaciones formales se establecen entre los 12 y 15 años de edad y se reflejan en la habilidad de razonar hipotéticamente e independientemente de asuntos concretos. También considera que los procesos cognitivos de esta etapa representan la esencia de la lógica de los adultos cultos y la base para el pensamiento científico elemental. Este autor considera que la velocidad de progreso en el desarrollo cognitivo de un niño varía especialmente de una cultura a otra, pero que eso no cambia el orden de sucesión de las etapas.

Para Piaget (1972) la diferencia que se presenta en los niños y adolescentes en cuanto a la velocidad en el desarrollo puede deberse a la estimulación intelectual que les ofrecen los adultos y la que obtienen de las posibilidades disponibles para la actividad espontánea en su ambiente. Por lo tanto un ambiente enriquecido con herramientas o instrumentos como la sala ACE, así como la mediación que se ofrece en ella por parte

del profesor puede representar un ambiente de estimulación intelectual. Sin embargo las estructuras formales no dependerán del todo del proceso de transmisión social que se dé en este ambiente, ya que como considera este autor, se deben tomar en cuenta los factores espontáneos y endógenos de construcción propios de cada sujeto.

Horrocks (2008) menciona que en esa etapa del desarrollo de las operaciones formales el adolescente puede basar sus hipótesis en hechos no observados y no experimentados, puede manejar información que pasa los límites de espacio y tiempo y puede reconstruir la realidad pensando y reflexionar sobre experiencias pasadas. Este autor identifica cuatro características interrelacionadas de las operaciones formales: a) la relación de lo real con lo posible, b) la capacidad para hacer análisis combinatorios, c) la capacidad para el razonamiento proposicional, y d) la capacidad para el pensamiento hipotético deductivo.

2.1.3. Aprendizaje colaborativo

Para Piaget (1983) el aprendizaje está relacionado con el desarrollo y aunque en sus obras deja ver que reconoce la importancia de la interacción social, no le da la misma importancia que le da Vygotsky. Piaget (1983) reconoce que la discusión entre niños de la misma edad o de edades vecinas favorece la verbalización y la toma de conciencia. Al respecto Crook (1998) observa que en su tratado de pensamiento egocéntrico y sociocéntrico, Piaget anticipaba el aspecto social de la cognición. En su análisis de las teorías piagetiana y sociocultural Crook (1998) considera que la piagetiana se centra en el individuo y que de ahí se derivan aspectos sociales, mientras que la sociocultural procede a la inversa; la primera da prioridad al individuo en la

creación de su propio aprendizaje y de su propio desarrollo, mientras que en la segunda es fundamental el papel que desempeñan otras personas en el desarrollo del niño.

También Vygotsky (1996) menciona que para Piaget el lenguaje interno y el pensamiento reflexivo surgen de las interacciones entre el niño y las personas de su entorno, de esas interacciones se origina el desarrollo de la conducta voluntaria del niño; y pone de manifiesto que la cooperación suministra las bases del desarrollo del razonamiento moral del niño.

Según Ormrod (2008), para Vygotsky los procesos cognitivos complejos se originan en actividades sociales, en la interacción con otras personas hasta lograr hacerlo de una forma independiente, sin ayuda. Los niños aprenden la cultura gracias a la interacción con los adultos, quienes a través de un proceso de mediación comparten los significados que atribuyen a objetos y fenómenos. Las herramientas cognitivas como palabras, símbolos, conceptos y otras representaciones surgen gracias al lenguaje.

Uno de los conceptos más relevantes o significativos de la teoría sociocultural de Vygotsky es la zona de desarrollo (ZDP) a la cual define como la distancia entre el nivel real de desarrollo, determinado por la capacidad de resolver independientemente un problema, y el nivel de desarrollo potencial determinado a través de la resolución de un problema bajo la guía de un adulto o en colaboración con otro compañero más capaz (Vygotsky, 1996). El primer nivel define las funciones que ya han madurado (frutos), la zona de desarrollo próximo define aquellas funciones que se encuentran en proceso de maduración (capullos o flores de desarrollo). Por lo tanto para conocer el estado de desarrollo mental de un niño es necesario conocer sus dos niveles.

Ormrod (2008) basándose en las ideas de Vygotsky la define en otras palabras como el conjunto de tareas que una persona aún no puede hacer sola pero sí con la ayuda de alguien más competente, a esta interacción se le conoce como andamiaje. Así las actividades complejas o desafíos pueden ayudar a las personas a lograr avances o a promover su desarrollo cognitivo. Las capacidades de aprendizaje y la solución de problemas se incluyen en la zona de desarrollo próximo.

Según Vygotsky (1996) un principio inamovible de la psicología clásica es que la actividad imitativa de los niños no indica su nivel de desarrollo mental, lo hace únicamente su actividad independiente, en otras palabras, lo que pueden hacer solos, sin ayuda de otras personas. Sin embargo, a través de la imitación pueden realizar más tareas colectivamente o bajo la guía o apoyo de los adultos.

Para este autor el aprendizaje humano presupone una naturaleza social específica y un proceso, mediante el cual los niños acceden a la vida intelectual de aquellos que les rodean.

Para Crook (1998) la teoría sociocultural de Vygotsky es la más adecuada para tratar los problemas derivados de la implementación de nueva tecnología, específicamente del aprendizaje con ordenador o computadora, ya que considera que el aprendizaje es una experiencia fundamentalmente social. Para Crook (1998) con el uso de las herramientas materiales se puede lograr un mayor control sobre el mundo físico; tal control se deriva de la función mediadora de esos instrumentos. También señala que los elementos mediadores se crean y evolucionan en la historia sociocultural; los diagramas, señales, lenguajes, que forman los sistemas de signos, resultan de una historia de participación en la interacción social humana.

Al tratar el tema de trabajos cooperativos con ordenador, Crook (1998) considera que las interacciones son productivas ya que conducen a productos superiores a los que se podrían obtener cuando los participantes trabajan en forma individual. Cuando los participantes trabajan con el ordenador en forma colaborativa obtienen mejores resultados en los test de rendimiento que los compañeros que trabajaron en forma individual con el ordenador. Este autor considera que la interactividad de los ordenadores ofrece ricas posibilidades de manipulación exploratoria. Además que las potentes capacidades gráficas de la nueva tecnología pueden hacer manipulable en formatos concretos los materiales abstractos.

Tanto Piaget (1972) como Vygotsky (1996) consideran que a través del tiempo o cuando crecen las personas (los niños) van desarrollando procesos cognitivos más complejos. En el caso de este estudio se consideró que los participantes se encontraban en una etapa de desarrollo formal y que a través de un proceso de andamiaje por parte del profesor y de otros compañeros más competentes lograrían hacer tareas más complejas que se encontraban en su zona de desarrollo próximo.

2.1.4. Representaciones y visualización

Por naturaleza las personas entienden mejor las cosas cuando las pueden manipular, cuando las pueden percibir con los sentidos. Desde pequeños los niños se llevan a la boca todo lo que encuentran en su camino, es una forma de conocer los objetos, de identificarlos de apropiarse de su significado. También cuando se es pequeño parece más fácil entender mejor los conceptos cuando se relacionan con un dibujo, imagen o símbolo que lo representa. Lo abstracto se entiende cuando ya existe un grado

de madurez o desarrollo mayor, cuando la persona, gracias a las habilidades del pensamiento que ha desarrollado, ya puede trabajar con términos que no necesariamente encuentre perceptibles (Piaget, 1972) .

Los términos abstractos son más difíciles de aprender porque no se pueden visualizar mentalmente. Aunque las matemáticas llevan intrínseco el término de abstracción, la etapa de las operaciones formales de Piaget hace considerar que a las personas que logran esta etapa se les facilita manejar los conceptos abstractos. Además algunas de las representaciones matemáticas como gráficas ayudan en la visualización de los conceptos contenidos en las funciones y ecuaciones. Por lo tanto se puede considerar que la visualización facilita el aprendizaje de las cosas (Ormrod, 2008).

Para Bagni (2004) la importancia de la visualización en la enseñanza de las matemáticas es evidente, ya que considera imposible aprender las nociones matemáticas sin recurrir a las representaciones; además el concepto de función que es un concepto abstracto conviene expresarlo con representaciones. Sin embargo considera que las representaciones, aunque son didácticamente necesarias, pueden presentar obstáculos, como en el caso de la visualización de una función mediante su gráfica cartesiana, ya que algunos estudiantes pueden no considerar como funciones a aquellas que no puedan visualizarse como gráficas, y esto es importante si se considera que existen funciones que no se pueden representar gráficamente en un plano cartesiano como las funciones de Dirichlet y Gelbaum (Bagni, 2004). Por lo que considera que el docente debe controlar la exactitud de los papeles de los conceptos abstractos y de las representaciones semióticas.

El National Council of Teachers of Mathematics (NCTM, 2003) menciona en sus principios y estándares para las matemáticas que las representaciones (símbolos, gráficas, tablas, etc.) son fundamentales para que las personas entiendan los conceptos matemáticos. Una vez que los estudiantes pueden crear representaciones para capturar los conceptos matemáticos estarán adquiriendo herramientas para expandir su capacidad para modelar e interpretar fenómenos físicos, matemáticos y sociales. Además el NCTM (2003) considera que las diferentes representaciones apoyan diferentes formas de pensamiento en la manipulación de objetos matemáticos; “un objeto puede ser mejor entendido cuando es visto a través de múltiples lentes” (p. 360).

En la figura 1 se muestra un organizador de información que resume los puntos revisados anteriormente y la forma como se relacionan unos con otros. Entre los principales conceptos que presenta está el de aprendizaje, el de lenguaje como herramienta de aprendizaje, el de representaciones y visualización, así como otros relacionados con las teorías a las que se recurrió para apoyar el presente estudio.

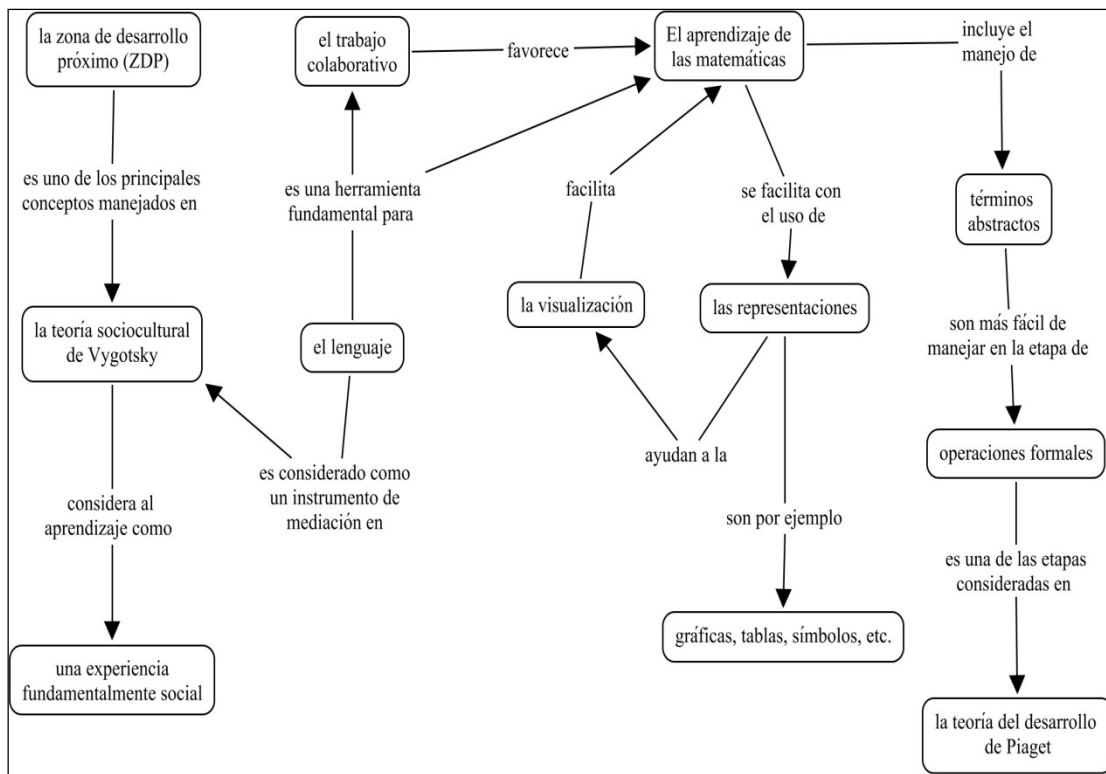


Figura 1. La importancia de la interacción social y de la visualización en el aprendizaje de los términos abstractos.

La figura 1 muestra la importancia del lenguaje como un instrumento de mediación y como una herramienta de interacción para apoyar el aprendizaje. El trabajo colaborativo se considera esencial para aprender ya que proporciona una oportunidad de andamiaje en la que los más capaces apoyan a los demás para alcanzar su zona de desarrollo próximo.

La característica de la abstracción en las matemáticas, los conceptos de representación y visualización, así como la importancia de que un individuo se encuentre en una etapa de su desarrollo en la que pueda manejar términos abstractos, se

complementan de cierta forma para explicar el fenómeno del aprendizaje con el uso de tecnología en un ambiente colaborativo.

2.2. Uso de la tecnología en la enseñanza de las matemáticas

No es nada nuevo mencionar que la velocidad con la que la tecnología está avanzando es considerable, por no decir que sorprendente, hace apenas unos años el oprimir una tecla de una computadora generaba cierto estrés o miedo por lo que esta acción pudiera provocar. Hoy sin embargo, más vale sumergirse en ese nuevo ambiente que ya forma parte de nosotros mismos o si no se corre el riesgo de quedar fuera, de no desarrollar esa competencia de uso de la tecnología que cualquier ámbito demanda (Lozano, 2005).

El esfuerzo de muchos gobiernos por equipar escuelas con computadoras, pizarrones electrónicos, proyectores, calculadoras, entre otras herramientas electrónicas, no termina, y al parecer no terminará mientras haya que actualizar y adquirir nuevas versiones o equipo que las sustituya al presentar mayores beneficios. Ahora es común considerar las herramientas tecnológicas como recursos para apoyar las situaciones didácticas y como lo menciona Lozano (2005) el profesor debe utilizar su creatividad para hacer uso de ellas eficientemente en las estrategias y las experiencias de aprendizaje.

Uno de los retos que consideran Kaput et al. (2007) en la interacción de la tecnología con la educación de las matemáticas es la propia complejidad de las matemáticas, ya que hay varios tipos de matemáticas o dominios (álgebra, geometría, etc.) que se relacionan en forma diferente con la tecnología. También menciona que hay

dimensiones epistémicas en matemáticas que interactúan con la tecnología de diferente forma. Kaput et al. (2007) señalan que hay tres tipos de tecnología que están disponibles para los profesores de matemáticas: dispositivos de cómputo, tecnologías de pantalla y tecnologías de red. La calculadora gráfica está considerada dentro del primer tipo.

Para Kaput et al. (2007) los rápidos avances en la conexión inalámbrica facilita nuevos tipos de interacción social, nuevas formas de pensar y nuevas formas de hacer menos abstractas las matemáticas y más accesibles a mayor número de estudiantes. Para esto el desarrollo del profesor debe ir a la par de estos avances diseñando nuevas formas de diversidad pedagógica.

Según el NCTM (2003) el uso la tecnología es esencial en la enseñanza de las matemáticas ya que mejora el aprendizaje de los estudiantes. Con el uso apropiado de la tecnología el estudiante puede desarrollar un entendimiento más profundo de las matemáticas y un aprendizaje más eficiente al permitir revisar más ejemplos permitiendo al alumno enfocarse en el desarrollo de otras habilidades como el modelado, la toma de decisiones, el razonamiento, la reflexión y la solución de problemas.

El proyecto ACOT (Apple Classrooms Of Tomorrow) es un proyecto de investigación y desarrollo en el que colaboran escuelas públicas, universidades, agencias de investigación y Apple Computer que inició en 1985 y que se estableció para investigar cómo el uso rutinario de la tecnología por maestros y alumnos podría afectar el proceso de enseñanza-aprendizaje (Sandholtz, Ringstaff y Dwyer, 1997).

Refiriéndose a este proyecto los autores mencionan que conforme el proyecto avanzaba los profesores notaban cambios positivos en la actitud de los estudiantes, se mostraban más entusiasmados por aprender, incrementaban su iniciativa y dedicaban más tiempo a

los proyectos cuando trabajaban con la computadora, incluso decidían utilizarla en su tiempo libre y después de las horas de clase.

En lo referente al incremento en la iniciativa, éste se identificaba en dos formas: a) los estudiantes rebasaban las expectativas en cuanto a los requerimientos de las asignaturas haciendo trabajos más elaborados o haciendo más de lo que se les había solicitado y b) los estudiantes, en forma individual o en grupos pequeños, exploraban independientemente nuevas aplicaciones y desarrollaban habilidades, y sus actividades atraían el interés de los demás compañeros. Al mismo tiempo se observa que el incremento en el compromiso de los estudiantes al usar tecnología los conduce a una mayor experimentación, lo que en el futuro conduce a un mayor nivel de compromiso. Cuando los estudiantes trabajaban en forma independiente con la computadora mostraban mayor disposición para enfrentar riesgos, experimentando solos aprendían y descubrían nuevas aplicaciones, cosa que no harían si trabajaran con el maestro ya que al preguntarle a éste lo que debían hacer estarían inhibiendo su habilidad de descubrir por sí solos (Sandholtz et. al., 1997).

Waldegg (2002) considera que la tecnología favorece el aprendizaje colaborativo cambiando o modificando actitudes, aptitudes, conceptos y procesos cognitivos. Además considera que el uso de la tecnología en la enseñanza de las ciencias es importante porque actúa como catalizador de cambio. Ella define a la colaboración como un fenómeno social necesario para sobrevivir, como una participación en comunidades de conocimiento. También la manipulación de objetos, como las computadoras, permite un anclaje referencial. La perspectiva CSCL (Computer Supported Collaborative Learning) se interesa por demostrar cómo el aprendizaje colaborativo apoyado con

tecnología facilita el conocimiento y la interacción y cómo permite desarrollar habilidades y destrezas en los estudiantes.

Para Ortiz (2006) las tecnologías son una herramienta para contribuir a la comprensión del mundo y a la indagación y profundidad de las cosas, elementos o situaciones. Para este autor las nuevas tecnologías no sustituyen al profesor en el proceso de enseñanza, más bien le representan nuevos desafíos y le demandan nuevas competencias, además considera que en lugar de ser un obstáculo, la calculadora gráfica puede actuar como un catalizador en el aprendizaje de las matemáticas. Al respecto Dunham y Dick (1994) mencionan que los reformadores del currículo han utilizado la tecnología como un catalizador para el cambio. Se puede deducir que estos autores, al referirse a la tecnología como un catalizador en el aprendizaje, se están refiriendo a que permite desarrollar o acelerar procesos mentales y no a retardarlos, ya que si se considera que este término es utilizado en el área química haciendo alusión a una sustancia que *acelera o retarda* una reacción, no estaría de más hacer esta aclaración.

Dunham y Dick (1994) consideran a las calculadoras gráficas como un tercer agente en el aula, como una herramienta exploratoria y confirmatoria en la solución de problemas y como una herramienta que hace más factible la modelación matemática con datos reales. Además de que pueden mejorar la habilidad de solución de problemas en los estudiantes, también ayudan a crear ambientes de aprendizaje más interactivos y exploratorios al facilitar el cambio de rol de maestros y estudiantes.

Cuando se piensa en el área de las matemáticas y su relación con medios electrónicos bien se puede relacionar con el uso del excel en una computadora, con la utilización de algún software que permita realizar actividades específicas o con el uso de

una calculadora, y si además se especifica el uso de una calculadora a niveles medio superior o superior, pues se piensa en una calculadora más compleja, con una mayor cantidad de funciones que permita resolver problemas matemáticos de mayor dificultad y que probablemente por estas características también presente un costo más alto. Y es así como la tecnología se ha ido adaptando y mejorando para ofrecer un mejor y más rápido servicio a los usuarios.

Entre algunas hipótesis sobre el uso de las calculadoras gráficas y algunos hallazgos de investigadores se podría mencionar que estas herramientas permiten a los estudiantes:

- Resolver un problema matemático, como la resolución de una ecuación, de una manera más rápida dejando tiempo para cubrir otras actividades o completar contenidos en menor tiempo (Ramos, 2010).
- Visualizar de una manera más práctica y fácil las representaciones gráficas de las ecuaciones (Hennessy et al., 2001).
- Jugar con las ecuaciones y gráficas para entender mejor su relación y lo que cada símbolo representa.
- Desarrollar habilidades en cuanto al manejo y uso de sus funciones que luego podrán transferir a otros medios electrónicos y a otras áreas del conocimiento.
- Crear habilidades de interpretación de fenómenos reales mediante representaciones numéricas, gráficas o con conceptos abstractos (Lynch, 2006).
- Aprender interactuando con compañeros que tienen mayor habilidad en su uso, ya sea por la experiencia, por su espíritu de indagación, por su capacidad de

autoaprendizaje o por su interés que han logrado ese nivel de habilidad que se manifiesta como un dominio o una destreza (Doerr y Zangor, 2000).

- Adquirir una mayor confianza en el uso de herramientas innovadoras que le ayudarán a administrar su tiempo y esfuerzo con mayor eficiencia y que lo ayudarán a entender mejor los conceptos matemáticos (Pierce, et al., 2004).
- Sumergirse en un ambiente que se vislumbra estará manejado con muchas de estas herramientas.
- Sentir motivación al saber manejar esta herramienta y querer aprender más sobre ella y sobre lo que puede hacer.
- Aprender a usar una herramienta con la ayuda del profesor o con la ayuda de un manual o instructivo (Horton, et al., 2004).
- Aprender matemáticas utilizando como herramienta de mediación las calculadoras gráficas.

Foster (2006) deduce que el mayor beneficio de utilizar calculadoras gráficas en el análisis de datos es la habilidad de graficar datos numéricos, y al comparar esta tecnología con las hojas de cálculo menciona que ésta última aporta mayores ventajas ya que en una misma pantalla se pueden ver los datos numéricos, la fórmula y la gráfica que se produce con esos datos, permitiendo al usuario ver y comparar los resultados con los datos que introdujo. En cambio las calculadoras gráficas muestran los resultados y los datos que se introdujeron en pantallas diferentes lo que dificulta la comparación directa. Para este autor las calculadoras gráficas y las CAS ofrecen una visualización secuencial de las representaciones vinculadas mientras que la hoja de cálculo la

visualización simultánea. Sin embargo las calculadoras gráficas tienen la ventaja de que ocupan poco espacio, en comparación con una computadora, son portátiles, pueden utilizar baterías y no necesariamente estar conectadas a una fuente de energía y además cuestan menos que una computadora. Tienen la ventaja de presentar resultados sin errores, lo que no siempre ocurre con los cálculos a mano de los cuales a veces no hay forma de saber si son correctos o no.

El uso de la calculadora gráfica permite relacionar los aspectos numérico, gráfico y simbólico. Bitter y Frederick (1989) consideran que el uso de una herramienta de trazado de funciones permite a los estudiantes dedicar más tiempo al análisis de la relación entre funciones como gráficas y como ecuaciones. Además estas herramientas los motivan a explorar cambiando parámetros como coeficiente, el grado de la ecuación o el término constante, enriqueciendo de esta forma el entendimiento sobre la relación entre funciones y sus gráficas. Mencionan que al manipular ideas abstractas en una pantalla de computadora las hace más concretas y por lo tanto más fácil de entender. También consideran que el potencial de la tecnología en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas es ilimitado.

Ortiz (2006) menciona que entre las competencias que debe desarrollar un profesor de matemáticas se encuentra la competencia didáctica, y una forma de favorecerla es incorporando nuevas tecnologías, en particular la calculadora gráfica, en el diseño de actividades didácticas.

2.2.1. Tecnología TI-Nspire.

La tecnología TI-Nspire representa uno de los avances tecnológicos de la empresa Texas Instruments en el área de las calculadoras y, considerando la rapidez con la que se modifica este tipo de tecnología, seguramente ya se tenga una versión más nueva de ella (Texas Instruments, 2011).

Entre las características y funciones de la TI-Nspire se encuentran las siguientes:

Especificaciones técnicas

Tamaño de pantalla: 320 x 240 pixels (3.2" diagonal)

Resolución de pantalla: 125 DPI; color 16-bit

Funciona con la Batería Recargable TI-Nspire

Memoria: 100 MB de memoria de almacenaje / 64MB memoria operativa

Puerto USB para conexión con la computadora, comunicación de unidad a unidad con otras calculadoras de la familia TI-Nspire

Capacidad para utilizar imágenes y sobreponer gráficas en la pantalla.

- Contiene una tecla Touchpad que es similar a un mouse de computadora.
- Se puede graficar en 3D.
- Contiene capacidades de geometría interactiva.
- Fácil de utilizar, como las funciones de un computador.
- Contiene menús simples desplegados.
- Cuenta con un entorno de programación dedicado, así como las bibliotecas de programación para el acceso global a las funciones definidas por el usuario y los programas.

- La aplicación Notas ofrece funciones de edición de texto para crear y compartir documentos con otras personas que utilicen la calculadora TI-Nspire y el software para la computadora.

- La aplicación Vernier DataQuest™ le permite crear hipótesis gráficamente y reproducir experimentos de recolección de datos, seleccionar y centrarse en subconjuntos específicos de los datos recolectados. Capacidad de capturar movimiento para ayudar a enseñar posición, movimiento/ velocidad y gráficos en una forma divertida e interactiva.

- La Tecnología TI-Nspire™ CAS contiene el sistema CAS y permite reconocer, simplificar y calcular expresiones matemáticas, preservando símbolos, incluyendo variables y términos como e y π . Al utilizar el sistema CAS puede manipular variables simbólicas sin tener que asignar valores numéricos. Esta habilidad de introducir y ver ecuaciones y expresiones en la pantalla, tal como aparecen en los libros de texto, resulta de gran ayuda al realizar paso a paso operaciones aritméticas, algebraicas y de cálculo.

- Ayuda a resolver ecuaciones paso a paso evitando cometer errores aritméticos y en temas específicos de matemáticas, desde álgebra hasta cálculo.

También permite las siguientes acciones:

- Explorar expresiones matemáticas en forma simbólica, visualizar patrones y entender los conceptos que se representan con fórmulas.

- Ver múltiples representaciones de un problema (algebraica, gráfica, geométrica y numérica).

- Explorar representaciones en forma individual o hasta cuatro en una misma pantalla.
- Hacer cambios en una función representada y ver el efecto en las ecuaciones y en las tabulaciones.
- Manipular las propiedades de las representaciones y observar los cambios que ocurren en forma instantánea en la misma pantalla.
- Guardar y revisar trabajos en documentos y páginas similares a los de la computadora.
- Conectarse a otra calculadora TI-Nspire o a una computadora para transferir archivos.
- Introducir y evaluar expresiones matemáticas.
- Definir variables, funciones y programas.
- Graficar y explorar funciones.
- Crear y explorar formas geométricas.
- Trabajar con datos tabulares, almacenar datos numéricos, texto o expresiones matemáticas, definir la celda de una tabla en términos de los contenidos de otras celdas.
- Visualizar conjuntos de datos en diferentes tipos de gráficos, manipular directamente conjuntos de datos para explorar y visualizar relaciones en los datos y explorar tendencia central y otras técnicas estadísticas.

La figura 2 muestra las ventajas del uso de la calculadora gráfica como herramienta de mediación, que presenta beneficios como visualización, rapidez en los cálculos matemáticos, desarrollo de habilidades y destrezas como la habilidad de

interpretación, así como su papel de catalizador en el aprendizaje y la construcción de conocimiento.

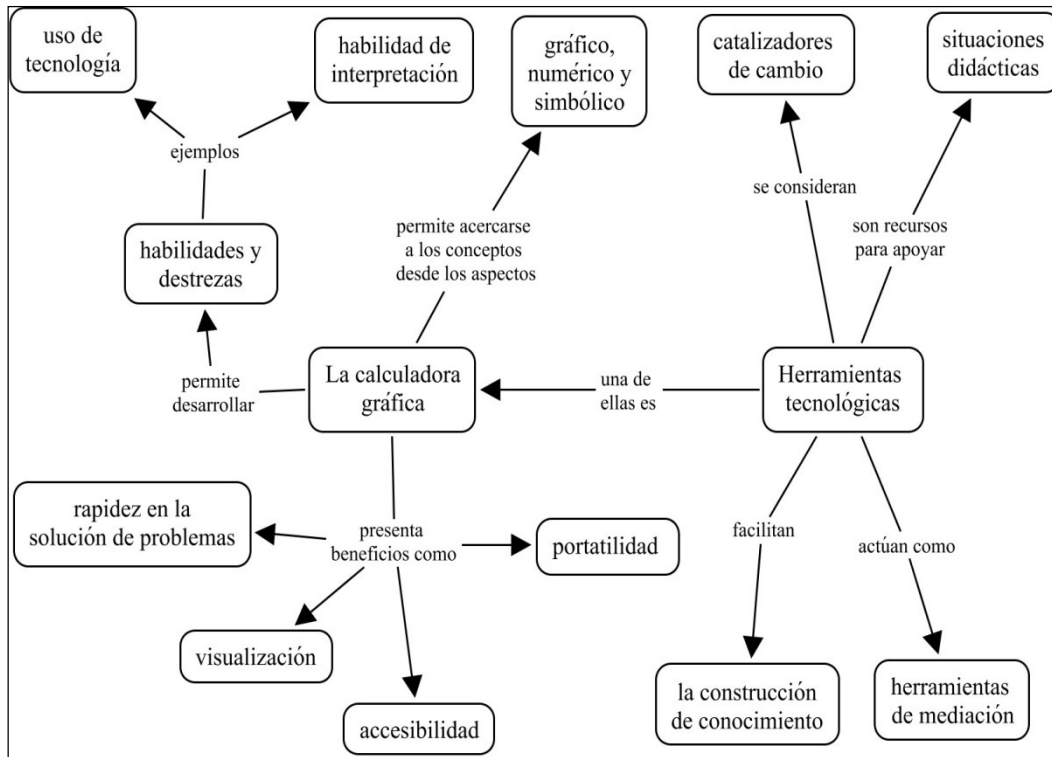


Figura 2. El papel de la calculadora gráfica como herramienta de mediación en el aprendizaje.

El uso de la tecnología en el área educativa es cada vez más importante. Permite avances continuos y facilita la ejecución de tareas que anteriormente requerían de gran esfuerzo y dedicación. Si la tecnología se encuentra en centros de trabajo, en hogares, en las calles, y en muchos lugares más, sería ilógico que no se encontrara en las escuelas, de hecho es el lugar donde se podría deducir que se debe fomentar más su uso, ya que las escuelas son considerados lugares de aprendizaje.

2.3. Investigaciones relacionadas

El uso de tecnología digital permite desarrollar una mejor actitud hacia el aprendizaje de las matemáticas en estudiantes que repiten esta materia, ya que mejora su desempeño académico y disminuye significativamente su ausentismo. Dávila (2007) concluyó esto al estudiar los efectos de algunas tecnologías educativas digitales sobre el rendimiento académico en matemáticas. En este estudio se plantearon las siguientes interrogantes ¿Qué efectos tendrá el uso de la tecnología educativa digital (específicamente el uso del software graphmatica y el uso del correo electrónico) sobre el rendimiento académico de los estudiantes que repitieron Matemáticas I? ¿Cuál será la actitud de los estudiantes que repiten Matemáticas I hacia el uso de la tecnología en los procesos de enseñanza- aprendizaje de esta materia? ¿Qué efectos tendrá el uso de tecnología educativa digital sobre el nivel de ausentismo de los estudiantes que repiten Matemáticas I en sus clases? El instrumento que se utilizó fue un cuestionario tipo Likert con 50 ítems para medir las actitudes de los estudiantes hacia el uso de la tecnología en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas. El curso fue evaluado mediante 5 trabajos prácticos y 5 exámenes presenciales.

Lynch (2006), en su estudio Evaluando los efectos del uso de la tecnología en el aprendizaje de las matemáticas (Assessing effects of technology usage on mathematics learning) cuyo objetivo, como su nombre lo dice, era determinar los efectos del uso de la computadora en el aprendizaje de las matemáticas, concluyó que el uso repetitivo de la computadora, aunque sea considerable, en la enseñanza de las matemáticas no logra mejoras en los resultados de pruebas y exámenes, esto se logra siempre y cuando se utilice en aplicaciones específicas y en simulación de problemas reales. Para ello se

utilizaron como instrumentos de recolección de datos encuestas cuantitativas para los profesores y exámenes de matemáticas diseñados por el cuerpo nacional de pruebas que llevan a cabo las pruebas de admisión a escuelas en Israel.

En un estudio realizado por McDougall y Karadag (2009) se encontró que los estudiantes utilizan la tecnología con diversos propósitos, cuando no se conoce todo lo que ésta puede hacer, se utiliza para actividades cognitivas sencillas, pero cuanto más se aprende sobre ella y sobre cómo explotarla, se adquiere una mayor seguridad y se utiliza con propósitos o tareas más avanzadas, ya no sólo como si fuera una herramienta que apoya, sino una extensión de uno mismo. El estudio Usando la tecnología para apoyar las actividades cognitivas y para extender las habilidades cognitivas: un estudio de aprendizaje de matemáticas en línea (Using technology to support cognitive activities and to extend cognitive abilities: a study of online mathematics learning) tenía como objetivo explorar ¿Cómo los estudiantes de secundaria usan la tecnología mientras resuelven problemas matemáticos? Para obtener la información se reclutaron 12 estudiantes de 5° grado quienes fueron capacitados vía conferencia email en el uso de dos software, el Geogebra y el Wink, a estos estudiantes se les asignaron 4 tareas con 4 problemas cada una para ser explorados en Geogebra y posteriormente registrar los procesos de solución así como sus respuestas usando el Wink. Finalmente grabaron sus soluciones en un CD y se lo entregaron al investigador.

Pierce, et al. (2004) utilizaron una escala (Mathematics and Technology Attitudes Scale, MTAS) para medir cinco variables afectivas que son importantes en el aprendizaje de las matemáticas con el uso de la tecnología como: confianza en las matemáticas, compromiso afectivo, compromiso conductual, confianza al usar

tecnología y actitud hacia el uso de tecnología para aprender matemáticas. Su estudio, llamado Una nueva escala para monitorear las actitudes de los estudiantes para aprender matemáticas con tecnología (A new scale for monitoring students' attitudes to learning mathematics with technology , MTAS), tenía como objetivos examinar el rol del canal afectivo, que también es importante para mejorar el aprendizaje, y demostrar el poder de la escala MTAS para proveer conocimiento útil para profesores e investigadores. La escala consistía en 20 ítems y podía ser aplicada en menos de 10 minutos. La mayoría de los estudiantes estuvieron de acuerdo en que es mejor aprender matemáticas con tecnología. En cuanto a las diferencias por género se encontró que para los varones la actitud para aprender matemáticas con tecnología estaba correlacionada sólo con la confianza o seguridad en el uso de la tecnología, mientras que para las mujeres mostraban una correlación negativa en la seguridad o confianza en las matemáticas.

Rodríguez, et al. (2005) se dieron cuenta de que al realizar ejercicios utilizando la calculadora, los estudiantes ya no sólo se limitaban a dar las respuestas que solicitaba el profesor, sino que exploraban los conceptos en sus aspectos gráficos, numéricos y simbólicos. En su investigación, denominada Uso de herramientas computacionales para el aprendizaje de las matemáticas, se plantearon las siguientes preguntas: ¿Cómo usa el estudiante la calculadora y la computadora para comprender y responder a las cuestiones planteadas? ¿Cuál es el grado de flexibilidad y transferencia del conocimiento con el apoyo de la calculadora? ¿Está limitado ese conocimiento al ámbito tecnológico? ¿En qué medida las respuestas de los estudiantes son el resultado de la comprensión conceptual y no del mero uso de la calculadora y la computadora? Para recolectar la información se diseñaron 4 guías con problemas a resolver utilizando la calculadora. Se

revisaron resultados, se hicieron observaciones por parte del profesor, se volvieron a diseñar nuevas actividades que dieron la oportunidad a los estudiantes de dar respuesta en los términos planteados en los objetivos de la investigación. Al final del curso se aplicó una encuesta a los estudiantes para conocer la actitud de los estudiantes hacia el uso de la calculadora en clase. Los estudiantes se mostraban más participativos en las actividades con la calculadora y valoraban esa experiencia, evidenciándose esto en encuestas. Consideran que el uso de la calculadora ofrece la posibilidad de acercarse a los conceptos desde lo numérico y lo gráfico, que son modos de representación que se pueden percibir mejor con los sentidos.

McCulloch (2009) utilizando una metodología sofisticada para conocer la actividad de la calculadora gráfica y el afecto asociado con su uso, así como para saber cómo y cuándo los estudiantes deciden utilizar la calculadora, deduce que la calculadora gráfica provee a los estudiantes con más que sólo soluciones. Su investigación, *Insights into graphing calculator use: Methods for capturing activity and affect*, tenía como objetivo describir un método de recolección de datos que había resultado ser efectivo para saber sobre cómo y cuándo los estudiantes eligen utilizar las calculadoras gráficas fuera de clase. Para ello se realizaron grabaciones del trabajo realizado por un estudiante en forma escrita y de la actividad de la calculadora gráfica cuando éste hacía uso de ella. Estas grabaciones fueron complementadas con una entrevista estructurada en base a una tarea que se le aplicó al estudiante mientras éste se observaba a sí mismo en una pantalla después de haber desarrollado el problema matemático (video de respuesta estimulada, video SR). Esto último con el fin de conocer el aspecto afectivo

(emociones, sentimientos, etc.). Esta metodología se aplicaba a un estudiante a la vez por lo que resultaría costosa o tardada para grupos de varios estudiantes.

Hennessy, et al. (2001) consideran al uso de la calculadora gráfica como un mediador crítico tanto en la colaboración de los estudiantes como en su resolución de problemas, ya que facilitan la gráfica y la relación entre representaciones, elementos que promueven el aprendizaje. En su estudio, *The role of the graphic calculator in mediating graphing activity*, cuyo objetivo era examinar el uso que estudiantes pregraduados daban a las calculadoras gráficas en un innovador curso de matemáticas en la Universidad Abierta, aplicaron un cuestionario tipo encuesta a estudiantes y maestros para investigar las percepciones de la calculadora gráfica y las características que facilitan la gráfica y la relación entre representaciones que promueven el aprendizaje. También realizaron observaciones a profundidad de un par de estudiantes usando la calculadora gráfica colaborativamente. Ellos señalan que los estudiantes expresaron actitudes positivas hacia el uso de la calculadora gráfica y mejoraron su actitud hacia las matemáticas. Las ventajas más importantes que dedujeron del uso de la calculadora gráfica las dividieron en tres categorías: Visualización de funciones, traslado automático entre representaciones más retroalimentación inmediata y trazado de gráficas rápido y fácil; esta última categoría permite que se le dedique más tiempo al análisis de problemas y soluciones más que a manipulación algebraica. Estos investigadores también consideran que las calculadoras gráficas representan flexibilidad en cuanto a tiempo y espacio; y estudiantes y profesores que participaron en su estudio expresaron que las calculadoras gráficas les ayudaron principalmente en el proceso de visualización.

El estudio realizado por Wan-Ali (2008), *Effect of graphic calculator on performance and mathematical thinking among malaysian mathematics secondary school children*, mostró que el uso de la calculadora gráfica puede mejorar el desempeño de los estudiantes en matemáticas, pero que pueden, sólo inducir, procesos de pensamiento más altos. Considera que la calculadora gráfica puede mejorar el entendimiento y desempeño pero hacen falta estudios sobre cómo implementarla para mejorar y reforzar el entendimiento matemático gráfico de manera que se disminuya el esfuerzo mental en el aprendizaje de las matemáticas. Los objetivos del estudio fueron investigar los efectos de del uso de calculadoras gráficas en el desempeño y el proceso del pensamiento matemático en la enseñanza de las matemáticas en estudiantes de secundaria, comparar el desempeño matemático entre un grupo con calculadora gráfica y uno con instrucción convencional y comparar el proceso del pensamiento matemático entre el grupo con calculadora gráfica y el de instrucción convencional. Para medir los procesos de pensamiento matemático se utilizó la Escala de Valoración del Esfuerzo Mental (PMERS) y el desempeño se midió con un conjunto de pruebas relacionadas con el tema que se impartió, además de tres preguntas que mostraban el entendimiento conceptual y experimental de los estudiantes.

Horton, et al. (2004) realizaron un estudio, *The Graphing Calculator as an Aid to Teaching Algebra*, que tenía como objetivos determinar si el tutorial que se incluye en algunas calculadoras ayuda a los estudiantes a aprender a resolver ecuaciones lineales y si el tutorial de Casio FX2.0 ayudaría a los estudiantes a mejorar sus habilidades en resolver ecuaciones lineales a mano. Como hipótesis se planteó que el tutorial podría incrementar la confianza en álgebra y mejorar el entendimiento de la manipulación

simbólica. Para obtener la información se aplicó un examen a los dos grupos (control y experimental) que participaron en el estudio y se utilizó una rúbrica de la Red de Servicios de pruebas Educativas (Educational Testing Service Network) para calificar los exámenes o pruebas. La rúbrica contenía calificaciones de 0 a 4 y se calificaba en las categorías de conocimiento algebraico, comunicación de ese conocimiento y demostración de habilidades. El 3 y 4 representaban resultados exitosos, el 2 algo de entendimiento conceptual con inconsistencia y explicaciones incompletas, el 0 y 1 se calificaron como resultado insatisfactorio. Casi al final de la sección se aplicó una entrevista a 6 alumnos de cada clase, 3 de los cuales estaban en el más alto cuartil y los otros 3 del más bajo. Las preguntas se referían a la actitud hacia las calculadoras y hacia la solución de ecuaciones lineales, así como sentimientos generales hacia las matemáticas. La entrevista aplicada al grupo experimental contenía preguntas extra acerca del tutorial FX2.0. Se aplicó también un cuestionario Likert al inicio y final de la sección para medir la actitud hacia el álgebra y la solución de ecuaciones lineales. Finalmente se aplicó en 5 días un cuestionario al grupo experimental durante la unidad como tarea y sin nombre para ver el uso y la utilidad que encontraban los alumnos al tutorial. Los resultados mostraron que los estudiantes que utilizaron calculadoras gráficas con un tutorial incluido para solucionar problemas de varios pasos y en problemas que contenían fracciones en ambos lados de la ecuación, mostraron mejor desempeño que aquellos que no lo hicieron. También mostraron un incremento en la actitud y aunque al principio a algunos se les es dificultó aprender a utilizar el tutorial al final lo consideraron útil. El estudio mostró que el tutorial es una herramienta que

influye en el aprendizaje en la solución de ecuaciones lineales y que expande los beneficios potenciales de la calculadora.

Los resultados del estudio realizado por Doerr y Zangor (2000) sugieren que la naturaleza de las tareas matemáticas y el rol, conocimiento y creencias del maestro influyen en el uso enriquecedor de la calculadora gráfica. Su estudio, *Creating meaning for and with de graphing calculator*, planteaba varios objetivos: Describir cómo el conocimiento y las creencias de un profesor sobre las calculadoras gráficas son reflejados en sus estrategias pedagógicas, describir cómo el significado de una herramienta es construido por los estudiantes y su maestro y cómo los estudiantes usan la herramienta para construir significados fuera de tareas particulares, además, examinar el rol, conocimientos y actitudes del profesor, cómo los estudiantes utilizan la calculadora gráfica para apoyar su aprendizaje matemático, la relación e interacción entre los dos anteriores y las limitaciones con el uso de la calculadora resultantes de la práctica en el salón de clases. Como instrumentos de recolección de datos se utilizaron observaciones, notas de campo, transcripciones de audio y video de todas las clases, así como entrevistas y sesiones planeadas. Las clases fueron en equipos pequeños y después fueron compartidas en grupo completo. Entre los resultados se encontró que el uso de la calculadora como artículo personal puede inhibir la comunicación de un grupo pequeño, mientras que su uso como artículo compartido apoya el aprendizaje matemático en todo el grupo. Se considera una herramienta poderosa para apoyar la comparación y unificación de ideas matemáticas. Además se encontró que emergieron 5 patrones de uso de la calculadora: como herramienta computacional, herramienta transformacional, herramienta de análisis y recolección de datos, herramienta de

visualización y herramienta de revisión. La calculadora gráfica es una rica y multifuncional herramienta. El estudio sugiere que el rol, el conocimiento y actitudes del profesor influyeron en ese uso provechoso de la calculadora.

En cuanto a investigaciones relacionadas con la conectividad de las calculadoras se encuentra la realizada por Ramos (2010) la cual tenía como objetivo mostrar evidencias empíricas sobre el impacto del uso de calculadoras conectadas en red al TI Navigator sobre el aprendizaje de las matemáticas en alumnos que hicieron uso de esa tecnología. Su estudio, Fortaleciendo un ambiente didáctico a través del uso de tecnología: TI-Navigator en clases de matemática, consideró dos grupos de estudiantes, uno experimental que usó tecnología y que estaba conformado por 18 alumnas y el grupo control con 17 alumnas en el cual no se utilizó tecnología. El estudio es prácticamente cuantitativo y los instrumentos de recolección de datos son pruebas pre-test y post-test. De los resultados obtenidos se encontró que 15 de las 18 alumnas del grupo experimental obtuvieron calificación suficiente en el post-test mientras que del grupo control sólo 5 de las 17 alumnas lo hicieron. Además 14 de las 18 alumnas del grupo experimental aumentaron el promedio de sus calificaciones del primer semestre con respecto al segundo semestre mientras que en el grupo control sólo 5 de las 17 alumnas lo hicieron. La autora de este artículo concluye que el uso de la tecnología, específicamente el TI-Navegador, favorece el proceso de enseñanza aprendizaje de las matemáticas y favorece la actitud de las alumnas hacia esta área. Además esta tecnología mejora la interacción y la participación de los alumnos y facilita la comprensión de los conceptos matemáticos. También con el uso del TI-Navegador se

aprovecha mejor el tiempo y se obtiene una retroalimentación inmediata de lo que los alumnos están comprendiendo.

En su estudio *Ideas in practice: Graphing calculators in beginning algebra*, Martin (2008) tuvo como objetivo conocer el impacto de la incorporación de la calculadora gráfica TI-83 como una herramienta para solucionar problemas de mayor complejidad en todas las secciones del álgebra inicial. Los participantes fueron 718 estudiantes de Álgebra inicial, 40% hombres y 60% mujeres. Se revisaron las calificaciones de los estudiantes, así como la cantidad de estudiantes desertores. Las opiniones de los estudiantes sobre el uso de las calculadoras fueron variadas, algunos las consideraron maravillosas herramientas para resolver problemas y clarificar conceptos, mientras que otros pensaban que los beneficios que se obtenían con su uso no justificaban su costo y otros más las consideraron complicadas, confusas, caras y que sólo empeoraron su ansiedad acerca de las matemáticas y la tecnología. La comparación de las calificaciones de semestres sin el uso de la calculadora y aquéllos en los que sí se usó, se observa que en éstos últimos aumentó el porcentaje de B y disminuyó la cantidad de estudiantes que abandonaban el curso antes de terminarlo. A pesar de los beneficios observados al incorporar el uso de la calculadora gráfica en el currículo se retornó al currículo tradicional que no incluía su uso. La calculadora científica fue la que se permitía en las clases de Álgebra inicial y la calculadora gráfica sólo como herramienta opcional en tareas y exámenes. Los resultados en las calificaciones en los posteriores cuatro años permanecieron abajo que las que se obtuvieron cuando se utilizó la calculadora gráfica.

Spitzer (2008) en su estudio *The role of graphing calculators in students algebraic thinking* estableció las siguientes hipótesis: a) Las calculadoras estimulan a los estudiantes a interpretar las letras como variables más que como valores fijos. b) Las calculadoras estimulan a los estudiantes a utilizar diferentes estrategias de solución. La muestra consistió de 33 estudiantes de una preparatoria de la región Medio-Atlántica de Estados Unidos, 17 mujeres y 16 varones del curso de Álgebra II del 9° al 12° grados con edades de 14 a 18 años, 24 caucásicos, 2 afro-americano, 6 latinos y uno nativo americano. Los participantes se asignaron al azar a dos situaciones, una que incluía el uso de la calculadora gráfica y la otra, papel y lápiz sin usar tecnología para graficar. Se diseñaron 5 tareas que incluían funciones lineales y cuadráticas. Se utilizaron algunas ecuaciones y algunas desigualdades. Algunos problemas se presentaron en un contexto y otros simplemente en forma simbólica. Las tareas fueron diseñadas para permitir comprobar las hipótesis planteadas. Se utilizaron entrevistas basadas en tareas para la recolección de datos.

Se confirmó la hipótesis 1 ya que los estudiantes que utilizaron la calculadora interpretaron las letras como variables más seguido que los estudiantes que no tuvieron acceso a las calculadoras gráficas. La hipótesis 2 también se confirmó ya que los estudiantes con calculadora gráfica utilizaron más estrategias de solución que aquellos que no tuvieron acceso a ellas, además los primeros mostraron evidencia de que entendían la estrategia que utilizaban. Aunque los que utilizaron lápiz y papel algunas veces mostraron habilidad para hacer manipulaciones simbólicas para resolver correctamente los problemas pocas veces mostraron entendimiento de los pasos que siguieron. Algo interesante fue que aunque se esperaba que los alumnos con

calculadora gráfica la usaran para hacer conexiones más fácilmente entre las diversas representaciones mientras resolvían un problema y tendrían más oportunidades de éxito se encontró que cuando los estudiantes usaban más de una estrategia, no se desempeñaban mejor que cuando usaban sólo una.

El estudio de Smith y Shotsberger (1997) *Assessing the use of graphing calculators in college algebra: reflecting on dimensions of teaching and learning* tuvo como propósito comprobar las siguientes hipótesis: a) los estudiantes que utilizan calculadoras gráficas abordarán los problemas y se desempeñarán en forma diferente que aquellos que no las utilizan, b) el género de los estudiantes podría influir en los resultados, c) el estilo del profesor al hacer las demostraciones con la calculadora podría contribuir a tener diferencias en los resultados y d) los estudiantes perciben que la calculadora gráfica ayuda más en algunos temas de álgebra que en otros. Entre los participantes se encontraron dos profesores, cada uno enseñó dos secciones, una usando calculadora gráfica y otra sin ella, 38 estudiantes en la sección con calculadora y 45 en la que no se utilizó para el profesor A, y para el profesor B, 34 estudiantes en la sección con calculadora y 30 en la que no se utilizó. Se utilizó una escala tipo Likert para medir la actitud de los estudiantes la cual contenía 18 enunciados sobre los sentimientos acerca del aprendizaje de las matemáticas; también se aplicó un cuestionario al final del semestre en las secciones con calculadora gráfica para conocer la opinión de los estudiantes. Los datos sobre logro fueron analizados usando análisis de covarianza. El análisis se realizó utilizando las calificaciones posteriores como variable independiente, tratamiento, género e instructor como variables independientes y calificaciones previas como covariable. En general se observó que el uso de la calculadora gráfica tuvo un

impacto positivo en el aprendizaje de los estudiantes. Las mujeres mostraron mejores resultados de aprovechamiento que los hombres en ambas secciones, con y sin calculadora gráfica, mostrándose mayor diferencia en las secciones sin calculadora. Las mujeres resolvían los problemas de forma gráfica y algebraica, mientras que los hombres utilizaban más un enfoque gráfico. No se encontró diferencia significativa en cuanto al papel del profesor.

Graham, Headlam, Sharp y Watson (2008) realizaron el estudio *An investigation into whether student use of graphics calculators matches their teacher's expectations*, el cual tuvo como objetivos saber el por qué utilizan de alguna forma las calculadoras gráficas los estudiantes, saber si se cumplieron o no los objetivos del profesor en cuanto al uso de la calculadora gráfica y por qué utiliza el profesor la calculadora gráfica al enseñar. Se aplicó una entrevista semi-estructurada a cinco estudiantes quienes fueron los que tuvieron una mayor exposición a las calculadoras gráficas. Para conocer la forma en que la profesora utilizó la calculadora gráfica, durante dos semanas se grabó con el software key-recording todo lo que hizo. Con la información registrada en la calculadora de la profesora se produjo un archivo de video que se reprodujo frente al profesor y a un panel de entrevistadores que le hacían preguntas sobre el propósito de cada una de sus acciones con la calculadora; después se hizo una lista de los objetivos de la profesora en las diferentes lecciones que después fueron confirmados por ella y en base a ellos se formuló la entrevista de los estudiantes. Los objetivos fueron: lograr que sus estudiantes se mostraran seguros al usar la calculadora gráfica, hacer conscientes a los estudiantes de las funciones y comandos de la calculadora, permitir a los estudiantes ver cómo la calculadora gráfica puede ayudar a contestar preguntas de examen, usar la

calculadora gráfica como una herramienta de visualización, usar la calculadora gráfica como una herramienta de investigación al introducir nuevos temas matemáticos y fomentar en los estudiantes el uso de la calculadora como herramienta de comprobación de su trabajo.

Las respuestas de las entrevistas de los estudiantes se colocaron en una tabla para ser analizadas y saber si los objetivos de la profesora se habían alcanzado. Los seis objetivos que se confirmaron con el profesor se cumplieron en cierto grado, esto se confirmó con las respuestas de los estudiantes en la entrevista. El primero se cumplió completamente, en el segundo los estudiantes se mostraron conscientes de las funciones y comandos, el tercero, el quinto y el sexto se cumplieron parcialmente, en el cuarto se mostraron positivos.

Graham, Headlam, Honey, Sharp y Smith (2003) en su estudio *The use of graphics calculators by students in an examination: what do they really do?* Utilizaron una muestra de siete estudiantes que estaban a la mitad de su segundo año del curso de Nivel Avanzado de Matemáticas, cuyas edades eran de 17 a 18 años. Iban en su tercer módulo con el tema de Estadística, tenían usando la calculadora gráfica alrededor de 18 meses. Se aplicaron entrevistas a cada uno de los siete participantes. Las preguntas se diseñaron para conocer la actitud de los estudiantes hacia la calculadora gráfica y el uso que hacían de ella en general. Se grabaron las acciones de los estudiantes con la calculadora durante un examen escrito de estadística de nivel A utilizando la memoria interna de la calculadora, también se les permitió utilizar la calculadora científica. A la calculadora gráfica se le colocó el software de registro para que quedara guardado cada movimiento de las teclas o funciones. Un grupo de investigadores analizó previamente

el examen que se aplicaría a los estudiantes; después de que los siete alumnos contestaron el examen, el grupo de investigadores lo analiza y lo compara con el registro de la calculadora. Posteriormente se entrevista a los estudiantes. Se concluye que los alumnos prefirieron usar la calculadora científica a la calculadora gráfica, ésta última sólo se utilizaba cuando el problema requería graficar.

2.4. Conclusiones

La capacidad de adaptación del ser humano le permite sobrevivir a los diversos cambios que enfrenta con el paso del tiempo y la resistencia a tales cambios parece que también es algo inherente a él, ya que desarrolla una cierta costumbre que actúa como una clase de inercia que dificulta ese paso de un estado a otro. Sin embargo esa capacidad para adaptarse a esos cambios hace posible que los acepte, los viva y promueva otros nuevos.

La tecnología ha sido un fenómeno que ha ido invadiendo la vida del ser humano, muchas veces se comienza con ciertos fines y termina con distintos usos pero ha llegado a ser parte indispensable de la vida moderna.

En el proceso de enseñanza-aprendizaje el uso de la tecnología es imprescindible, el uso de programas computacionales es una habilidad que cualquier estudiante debe desarrollar, la búsqueda y selección de información en la red también es primordial, por lo tanto una actitud positiva ante los artefactos tecnológicos es la mejor postura que todo profesor y estudiante deben tomar.

Algunas personas pueden considerar que al utilizar la tecnología como es el caso de las calculadoras se pierde la habilidad de realizar cálculos matemáticos mentalmente

o que una persona no se preocupa por mejorar su ortografía si tiene una computadora que le puede corregir todas sus faltas. Por lo tanto lo importante es saber utilizar estas herramientas como apoyo y en beneficio de las personas y considerarlas medios para desarrollar nuevas habilidades y no para perder aquellas que naturalmente se pueden desarrollar.

Ya anteriormente se han mencionado algunas de las ventajas que se pueden desprender del uso de una calculadora gráfica en la enseñanza de las matemáticas y las características que la hacen un artículo de apoyo en la educación. Su característica portátil, su tamaño, la rapidez con la que se pueden efectuar cálculos o resolver ecuaciones, la posibilidad de corroborar resultados, la visualización de las diversas representaciones matemáticas, la manipulación e interpretación de funciones y gráficas, así como el desarrollo de una actitud positiva ante las innovaciones y la transferencia y familiarización con otro tipo de tecnologías son varios de los aspectos que se deben considerar para incorporar su uso a los currículos escolares.

Por otra parte el aprendizaje colaborativo es inevitable en las personas, ya que todas aprenden de los demás desde pequeñas. El hombre es un ser social por naturaleza, necesita convivir con otros para sobrevivir, por lo tanto en esa convivencia se va dando ese aprendizaje como una especie de potencial donde el conocimiento fluye de donde hay más a donde hay menos, donde los más capaces o con más experiencia van ayudando a aprender a los que van en desventaja, ya sea por su edad, por las oportunidades que ha tenido de aprender o por otros motivos.

Capítulo 3. Metodología

En este capítulo se describe la forma en que se llevó a cabo la investigación, el método que guió el estudio y que permitió obtener la información necesaria para el análisis, así como la información que justificó su elección. También presenta los instrumentos o medios que se utilizaron para la recolección de datos que van de acuerdo con el tipo de investigación y con el tipo de información que se obtuvo y la manera como se aplicó, es decir, el momento, la duración y la secuencia de su aplicación. Se describen las características, la conformación de la muestra y el motivo que llevó a considerar a los participantes. Se presenta información referente a la prueba piloto que permite verificar la efectividad de los instrumentos que se utilizaron en el estudio y las modificaciones o consideraciones que surgieron a raíz de esta prueba. Finalmente se realizó la captura y el posterior análisis de los datos.

3.1. Método de investigación

Según las características del estudio y lo que se pretendió lograr con su realización, se ajusta a la descripción que hacen Hernández, et al. (2010) sobre el método cualitativo ya que considera que las investigaciones cualitativas son como un plan de exploración o entendimiento emergente donde el investigador se interesa por el significado de las experiencias y valores humanos, el punto de vista y la perspectiva de los participantes, así como el ambiente natural en el que ocurre el fenómeno. El estudio que se realizó en la sala ACE (Aprendizaje Centrado en el Estudiante), aula ubicada en el ITESM, Campus Monterrey, tuvo entre sus objetivos conocer el punto de vista de los

estudiantes sobre los beneficios didácticos que experimentaron y percibieron con apoyo de la calculadora gráfica en la solución de problemas matemáticos, además la investigación se llevó a cabo dentro del aula que era el ambiente natural donde interactuaban los participantes apoyando sus actividades con esta herramienta.

Otra de las características que atribuye Hernández et al. (2010) a los estudios cualitativos es que parten de un planteamiento inicial para luego ingresar al ambiente o campo con el propósito de realizar la exploración del contexto seleccionado que permitió evaluar la conveniencia y accesibilidad; además fueron aplicados a número pequeño de casos. La muestra que se consideró en el presente estudio fue pequeña, aproximadamente 72 estudiantes, quienes cursaban la materia de Introducción a las Matemáticas, y la investigación inició precisamente con una inmersión inicial dentro del aula para evaluar los aspectos mencionados anteriormente y realizar observaciones generales que no se enfocaban en algo específico, es decir, se observaban los fenómenos o eventos que ocurrían dentro del aula de una forma holística.

Hernández, et al. (2010) también menciona que la investigación cualitativa es interpretativa ya que el investigador hace su propia descripción y valoración de los datos que se recolectan y analizan. Además, como observador, el investigador debe describir el ambiente detalladamente, tanto las personas que se encuentran en él, como los objetos, eventos y lugares. En esta investigación se tuvo contemplado lo anterior por lo que se realizaron observaciones a conciencia donde el observador se involucró a tal grado que llegó a formar parte del ambiente con la intención de detectar lo que se estaba buscando, aprendizajes externados por los estudiantes a través de actitudes, habilidades, desempeños o conductas. El establecimiento de vínculos con los participantes, tanto

alumnos, maestro y auxiliares fue una de las estrategias para lograr el acceso o la detección de estos aprendizajes.

Entre las herramientas de recolección de datos que se utilizaron fueron las observaciones y un cuestionario que se aplicó de manera electrónica al final del semestre a un número menor de estudiantes con el fin de obtener datos y conocer la percepción de los estudiantes hacia el uso de la calculadora gráfica TI-Nspire en su clase de Introducción a las Matemáticas.

3.2. Población y muestra

Los participantes que se consideraron en este estudio fueron estudiantes de primer ingreso al nivel superior que cursaban la materia de Introducción a las Matemáticas. Fueron estudiantes de ambos géneros y de edades entre los 17 y los 23 años, con intereses diversos en cuanto a la carrera que estudiaban en la institución, además provenían de diversos lugares y por lo tanto de diversas escuelas de nivel medio superior.

Los alumnos que se eligieron para la prueba piloto fueron alumnos irregulares que interrumpieron sus estudios por algunos meses y que se incorporaron nuevamente en el semestre de enero-mayo de 2011, además provenían de otras instituciones que no pertenecen al sistema del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM). Para el estudio que se realizó en el semestre de agosto-noviembre 2011 se estudió una muestra de alumnos regulares y que provienen de preparatorias del sistema ITESM. Para la prueba piloto se eligió uno de varios grupos que cursaban la materia de

Introducción a las Matemáticas y que además tomaba la clase en la sala ACE. Esta sala también es utilizada para la materia de Física.

En las observaciones también se consideró la función del profesor y de sus asistentes.

3.3. Temas, categorías e indicadores de estudio

Para definir las categorías primero se analizaron las respuestas de los cuestionarios y las observaciones realizadas continuamente con la intención de encontrar incidencias que podrán agruparse para formar las subcategorías o temas. Las subcategorías que mostraron relación se agruparon para formar las categorías. Por lo tanto después de leer detenidamente toda la información recopilada y capturada se procedió a encontrar las incidencias las cuales se fueron colocando en forma textual en una tabla con dos columnas, en la primera columna se transcribieron las incidencias y en la segunda columna las subcategorías a las que esas incidencias pertenecían. El nombre de la categoría se colocó al inicio y fuera de la tabla.

Este proceso se realizó una vez que se recolectó la información con los instrumentos que se diseñaron, por lo tanto el análisis de los datos se realizó la última semana del mes de octubre. En el caso de la prueba piloto se analizaron las observaciones y los cuestionarios que fueron contestados por 65 alumnos para encontrar las incidencias, que al clasificarlas formaron las subcategorías las cuales fueron agrupadas en las categorías.

De este análisis se desprendieron las siguientes categorías en las cuales el participante está definido por E seguido de un número que indica el número del participante:

Categoría 1. Dificultades con el uso de la tecnología TI-Nspire.

a) *Navegación.* Esta categoría se refiere específicamente a las dificultades que tuvieron los estudiantes al momento de navegar en la calculadora. Esto se puede verificar con comentarios como: batallaba en encontrar las cosas E40. Al principio fue navegar en ella E34. El uso de archivos y el desplazamiento entre pantallas E64.

b) *Conocer sus funciones.* Una de las cosas más difíciles del manejo de la calculadora, según muchos de los alumnos es el dominio de sus funciones. Siempre batallaba con el tamaño de las gráficas, no sabía muy bien cómo aplicar el zoom E51. Tiene muchas funciones E4. Es una calculadora muy compleja y que cuenta con una infinidad de funciones y a veces es difícil entender lo que quiere decir cada una de ellas E39. Pues en mi opinión es muy compleja E28. Que tiene muchas funciones E9.

c) *Resistencia a tecnología nueva.* Algunos alumnos mostraban algo de resistencia al declarar que preferían hacer los ejercicios matemáticos en papel; esto también se registró en las observaciones al escuchar a una alumna decir *necesito una hoja* o también al observar que varios estudiantes seguían utilizando otro tipo de calculadoras al momento de resolver problemas. A mí me gusta más hacer las cosas en papel E44. En mi calculadora es muy sencillo llegar a esta función E37. Creo que debería ser mejor usar una calculadora normal E3.

d) *Graficar funciones.* Para muchos de los estudiantes lo más difícil fue graficar funciones y obtener los máximos y mínimos. Lo que más se me dificultó fue trabajar con

las gráficas E48. Graficar E41. Resolver problemas relacionados con las funciones E16. El sacar el gráfica y los puntos máximos y mínimos E29. Analizar los mínimos y máximos E50.

Categoría 2. Proceso de manejo.

a) Dominio. Aunque con el transcurso del tiempo se puede concluir que los estudiantes aumentaron su confianza en el uso de la calculadora también se puede notar que algunos compañeros consideran que les falta dominarla, ya que sólo aprendieron algunas funciones básicas. Siento que la sé usar mucho mejor, pero todavía tengo mucho por aprender E59. Más segura, pero no al 100 E50. Pues me siento preparado para volver a usarla y para aprender más sobre ella E34. He mejorado pero no he terminado de dominarla E32. Al principio del semestre no sabía cómo usarla, ahora tengo las bases, aunque no domino el uso de la calculadora E30. Al inicio no sabía cómo usarla, ahora la domino un poco más, sin embargo no lo suficiente como para trabajar yo sola mucho rato en ella E14. Al final la mayor parte del salón dominaba lo básico E4. Con un poco mayor de confianza y ya la manejo mejor, pero sigo batallando porque se me hace un instrumento complicado E28.

b) Frecuencia y tiempo de práctica. La mayoría de los estudiantes coincide en que para dominar las funciones de la calculadora se necesita de práctica constante. Un alumno considera que el tiempo que le dedicaron al manejo de la calculadora no fue suficiente para conocer todas sus funciones y que eso fue algo que les impidió o dificultó su dominio... lo más difícil fue aprender todas sus funciones y todo lo que puede hacer. No nos bastó el semestre E66. Acordarme de cómo usarla, ya que no siempre la usábamos, tenemos muy poca práctica E30. Muy frecuente para tener más práctica E18.

Creo que sí se debe de usar muy seguido, ya que si no es difícil recordar las operaciones E6.

Categoría 3. Forma de trabajar con la TI-Nspire.

a) Trabajo colaborativo con la TI-Nspire. Las opiniones en este aspecto fueron variadas ya que mientras unos veían más ventajas a la forma de trabajar en equipo, otros encontraban más ventajoso trabajar en parejas o en forma individual. En forma individual, dado que puede uno estarse equivocando y moviendo sin presión E67. Individual por que tienes todo el control E46. En parejas, en equipo siempre hay alguien que no trabaje o que dé la contra E60. En pareja puedes llegar más fácilmente a un acuerdo E51. Equipo, porque si sale alguna duda se ayudan entre sí E55. Equipo, porque cuando no sabes cómo utilizarla te pueden ayudar E31.

b) Exploración. Algunos alumnos mencionaron que una forma en la que aprendieron a usar la calculadora fue a través de la exploración, indagando sus funciones o a prueba y error. Prueba y error E61. Explorando la calculadora y aprendiendo de los errores E16. Me dediqué a explorar todas las opciones que ofrecía la calculadora E34. Manipulándola E53. Por mi mismo viendo las funciones que tiene E43.

c) Interacción y revisión grupal con el TI-Navigator. El uso del TI-Navigator permitió que hubiera mayor interacción grupal y que el profesor revisara de forma más rápida el trabajo de cada equipo ya que podía detectar inmediatamente los equipos que estaban teniendo dificultades con los ejercicios, además motivaba a los estudiantes a hacer las cosas bien ya que todos verían su trabajo. El profesor nos podía checar lo que estábamos haciendo y nos decía si estábamos bien E36. Facilita el intercambio de datos E46. Que la maestra podía checar mi procedimiento más rápido E60. Favoreció en el

aspecto que hizo más fluida la clase y que todos estábamos en el mismo canal P61... una manera de retroalimentación más rápida E62. Te esforzabas para que también te saliera E40.

d) Andamiaje en el uso de la TI-Nspire. La mayoría de los alumnos manifestaron haber batallado al inicio para manejar la calculadora pero que gracias a la ayuda del profesor, de los asistentes y de los compañeros poco a poco y practicando periódicamente aprendieron a usarla, uno de los alumnos mencionó la necesidad de contar con algún manual o instructivo. En un principio era complicado pero después va siendo sencillo E6. Pregunto a algún compañero y lo intento E17. Con mis compañeros ellos me explicaban E18. Aprendí con lo que nos ayudaban la profesora y sus asistentes E4. Observando como la manejan los compañeros E63. Sería muy bueno el dedicarle algunos 15 minutos para explicar cómo funciona la calculadora, o que le proporcionen al alumno algún manual de la misma E10.

Categoría 4. Ventajas del uso de la TI-Nspire.

a) Portátil y ecológica. Algunos estudiantes mencionaron entre las ventajas el que sea fácil de llevar y que evita el desperdicio de papel. Es portátil y ecológica E47... es más chica que una computadora y no gastas hojas o borrador si te equivocas al escribir o cuando terminas algo E58. Se evita el desperdicio de papel E60. Lo portátil, y que es más amigable E64. Que es más compacta E31. La portabilidad, dado que en cuanto a rapidez y manipulación la computadora es muy superior E67.

b) Rapidez y visualización. La rapidez para solucionar problemas matemáticos es otra de las ventajas que encuentran muchos estudiantes. La rapidez y la representación gráfica, sencillez E62. Pues es sencilla porque la usas nada más para matemáticas, y no

te puedes distraer con el internet o demás cosas que tiene una computadora E69. La calculadora te resuelve de todo de una forma más rápida E16. Que es más rápida, tiene más funciones que las calculadora normales, es mucho más visual E10.

c) Verificación. La comprobación o verificación es uno de los usos que muchos estudiantes le encuentran a la calculadora. Para que verifiques que lo que has estado resolviendo esté correcto E15. Cada vez que tengamos un ejercicio, para así poder corroborarlo E19. Para comprobar si el trabajo está correcto, además de ahorrar tiempo para resolver un problema... las calculadoras TI-Nspire te ofrece la ventaja de comprobar tus respuestas E51.

d) Comprensión e interpretación de funciones a través de sus gráficas. Uno de los aspectos que favoreció el uso de la TI-Nspire fue en entender la relación que existe entre gráficas y funciones... en hacer la relación entre la función y la gráfica E47. En saber relacionar gráficas y funciones E52. Puede entender un poco mejor la relación entre las gráficas y las funciones, antes creía que era muy difícil sacar de una función una gráfica pero con la calculadora vi que era más fácil E7.

3.4. Técnicas de recolección de datos

Para la prueba piloto se realizaron observaciones esporádicas en dos grupos de la materia de Introducción a las Matemáticas, ambos tomaban las clases en la sala ACE y sólo a uno de ellos se aplicó un cuestionario al final del semestre (Apéndice A). Fueron 65 alumnos los que contestaron el instrumento.

Para el estudio que se realizó en el semestre agosto-noviembre 2011 se siguieron las siguientes fases de recolección de datos:

FASE 1. En esta fase se revisó el equipo que se utilizaría durante el semestre para detectar posibles actualizaciones, adición y sustracción de equipo en referencia con el que estuvo equipada la sala ACE durante la prueba piloto. También se revisó con la profesora la forma de trabajar en el aula, la dinámica de las actividades, las secuencias didácticas y las experiencias de aprendizaje que se considerarían para cubrir los contenidos. Esta fase se llevó a cabo las últimas dos semanas de agosto de 2011.

FASE 2. En esta fase se continuó con observaciones durante el mes de septiembre y octubre de 2011 poniendo énfasis en aquellas actividades que el profesor y sus asistentes diseñaron con el uso de la calculadora gráfica. Durante estas actividades se pudo evaluar el desempeño de los estudiantes en la resolución de problemas y en el uso de la calculadora gráfica en forma colaborativa observando la forma como procedían, las preguntas que hacían y las respuestas que daban a los ejercicios que realizaban.

FASE 3. Esta etapa fue también de recolección de datos. Se realizó la primera semana del mes de noviembre de 2011 y consistió en la aplicación de una encuesta en formato electrónico. A los estudiantes se les proporcionó una liga para tener acceso a la encuesta desde cualquier computadora y en un plazo establecido por la profesora, que en este caso fue de una semana, debían contestar el instrumento y enviarlo para su recopilación y análisis. Se comenzó diseñando la encuesta desde la prueba piloto del semestre enero-mayo de 2011 de acuerdo a la información que se buscaba obtener (Apéndice A); posteriormente se le hicieron algunas modificaciones para aplicarse en el estudio realizado en el agosto-noviembre 2011 (Apéndice B).

3.5. Prueba piloto

Para la prueba piloto se comenzó con una inmersión inicial en el ambiente representado por la sala ACE donde se utilizó principalmente la observación como herramienta de recolección de datos en dos grupos de Introducción a las Matemáticas. Estas observaciones se realizaron a los estudiantes cuando trabajaban en forma colaborativa y utilizando las herramientas tecnológicas con las que cuenta el aula, principalmente la calculadora gráfica. El papel del profesor, la forma como diseñaba sus actividades y la manera como las conducía ya en la clase también se analizó, así como la función que desempeñaron sus asistentes. Se registraron y analizaron las observaciones durante estas visitas al campus y se diseñó un cuestionario para aplicarse a los alumnos al final del semestre enero-mayo 2011 (Apéndice A).

Este cuestionario arrojaba principalmente las percepciones que tenía el alumno sobre el uso de la calculadora gráfica al final del semestre o su experiencia en el uso de la calculadora TI-Nspire. Después de aplicar el cuestionario se analizó la información para detectar deficiencias, para verificar su efectividad y para tomar decisiones sobre su utilización en el estudio que se llevaría a cabo el siguiente semestre.

Las observaciones realizadas fueron generales y se pretendía que el investigador se fuera familiarizando con el contexto conformado por los participantes tanto alumnos como maestros o auxiliares, el equipo, la forma de trabajar, así como el diseño y arreglo de materiales dentro del aula. También con la prueba piloto el observador se pudo dar cuenta de los errores de sus estrategias de recolección o de la efectividad de sus acciones para tomarlo en cuenta al diseñar o modificar los instrumentos que aplicaría en el estudio final.

3.6. Aplicación de instrumentos

Los instrumentos que se aplicaron a los alumnos del grupo experimental fueron las observaciones periódicas durante los meses de septiembre y octubre de 2011 y un cuestionario que se aplicó en la primera semana del mes de noviembre. Para las observaciones se contó con un diario de campo donde se registraron todos los datos relevantes. Aunque no se hizo uso de ellas, en cada clase se realizaron grabaciones con las cámaras de video que se encuentran disponibles en la sala ACE.

El observador estuvo informado con anterioridad sobre la planeación y el diseño de las actividades que el profesor y sus auxiliares realizarían, ya que de esta manera se mantendría atento a esas actividades que serían fuente de datos importantes y útiles para la investigación.

El cuestionario que se aplicó al grupo se conformó de siete preguntas cerradas y 17 preguntas abiertas y un apartado tipo Likert con nueve acciones que tenían un formato de respuesta de 0 a 4 puntos, donde 0 correspondía a No lo sé y el 4 a esencial (Apéndice B). Las primeras se diseñaron para conocer la actitud de los alumnos hacia el uso de la calculadora TI-Nspire. Las preguntas abiertas se diseñaron para conocer la opinión, percepciones y recomendaciones de los alumnos sobre esta herramienta. La parte final del cuestionario se diseñó para conocer el valor que los alumnos le daban a la calculadora gráfica dependiendo de lo útil que les había sido en diversos temas. Este cuestionario se aplicó en forma electrónica, vía internet como se hizo en la prueba piloto.

3.7. Captura y análisis de datos

Durante los meses de septiembre y octubre 2011 se estuvieron capturando las observaciones con una frecuencia de dos veces por semana, se pasaron del diario de campo a formato electrónico y se analizaron con el objetivo de identificar patrones, categorías o indicadores de estudio.

La información de los cuestionarios de los alumnos se registró automáticamente en formato electrónico ya que este cuestionario se aplicó en línea. Posteriormente se llevó a cabo el análisis de las respuestas realizando una tabla de incidencias. En ésta se fueron clasificando las incidencias de acuerdo a patrones que fueron surgiendo, lo cual dio como resultado las subcategorías y categorías de análisis. El diseño de las preguntas ayudó para que se diera esta clasificación.

Capítulo 4. Análisis de Resultados

En este capítulo se presentan los datos que arrojaron los instrumentos de recolección. Para esto se hace una clasificación de las preguntas; las preguntas cerradas y las del apartado tipo Likert se presentan en gráficas para visualizarlas mejor, al igual que parte de la información obtenida en algunas preguntas abiertas que fue conveniente mostrarla gráficamente para su análisis estadístico. Los datos obtenidos de las preguntas abiertas se presentan en una tabla de incidencias, clasificados y ordenados de acuerdo a categorías y subcategorías de análisis. Después de la presentación de los resultados se realiza el análisis y la interpretación de los mismos; es aquí donde se le da sentido a la información recopilada o donde ésta ya toma forma. Es en este punto donde se explica lo que quieren decir los datos a la luz de los objetivos de la investigación.

4.1. Presentación de resultados

Para llevar a cabo el análisis cualitativo de los resultados se recurrió a la triangulación metodológica, ya que además de obtener datos utilizando un cuestionario se recurrió a las observaciones. Para esto se tuvieron presente tanto las preguntas de investigación como los objetivos del estudio. En este caso se plantearon las siguientes preguntas: ¿Qué aprendizajes pueden adquirir los estudiantes de matemáticas al utilizar la calculadora gráfica TI-Nspire en la solución de problemas en forma colaborativa? y ¿De qué forma se manifiestan en conductas observables las habilidades, conocimientos, actitudes, destrezas y valores adquiridos o desarrollados con el apoyo de la calculadora gráfica en actividades realizadas en forma colaborativa?

El objetivo de esta investigación fue detectar aprendizajes que se desarrollan al trabajar en actividades que incluyen el uso de la calculadora TI-Nspire en conjunto con el TI-Navigator y el trabajo colaborativo. Además de comprobar algunos aspectos encontrados en otras investigaciones se buscó identificar categorías de aprendizaje que no se hayan deducido anteriormente, a través de conductas que se manifiesten al utilizar la calculadora gráfica en un ambiente colaborativo y apoyado con diversos recursos tecnológicos.

El análisis de los datos obtenidos con los dos instrumentos mencionados anteriormente permitió conocer el grado en el que fueron cubiertos los objetivos de estudio, así como dar una respuesta a las preguntas planteadas al inicio.

Una vez que se terminó con las observaciones y su transcripción, así como la recopilación de las respuestas del cuestionario se procedió con el análisis de la información de la siguiente forma:

1. Se revisó de forma analítica, objetiva y detallada la información recabada con el cuestionario y con las observaciones.
2. Los datos obtenidos con la primera y la última parte del cuestionario se presentaron en gráficas para facilitar su análisis. La primera sección consistió de siete preguntas cerradas que se debían contestar con sí o no y la última sección de nueve acciones cuyas respuestas se presentaron en un formato de 0 a 4 puntos (0-No lo sé a 4-Escencial).
3. Las respuestas de algunas preguntas abiertas también fue conveniente mostrarlas en gráficos de porcentajes para mejorar su visualización. Estas preguntas tenían la

particularidad de mostrar al inicio una respuesta concreta, que fue la parte que se tomó para el análisis estadístico, seguida de una explicación al ¿Por qué? que complementaba la pregunta.

4. Con la técnica de búsqueda de incidencias se crearon categorías y subcategorías de análisis relacionando eventos, opiniones o fenómenos detectados en la información recabada.
5. Se dio orden y estructura a la información acomodando en una tabla las incidencias (Tabla 1) correspondientes a cada subcategoría, así como agrupando las subcategorías de cada categoría.
6. Una vez ordenada la información se procede a su interpretación manteniendo en mente las preguntas de investigación que se plantearon inicialmente con el propósito de conocer las respuestas que indicarán la utilidad de la investigación.

En la figura 3 se presentan las respuestas de los 47 alumnos a las siguientes siete preguntas cerradas de la primera sección del cuestionario: ¿Tienes acceso a este tipo de calculadora fuera de clase? (P1), ¿Cambió el uso de la calculadora TI-Nspire tu perspectiva sobre el aprendizaje de las matemáticas? (P2), ¿Sabes cómo analizar las funciones con la calculadora TI-Nspire (máximos/mínimos, ceros)? (P3), ¿Primero resuelves un problema con la calculadora y luego lo resuelves algebraicamente? (P4), ¿Primero resuelves el problema algebraicamente y luego verificas tu solución con la calculadora? (P5), ¿Crees que una mayor frecuencia de uso de la calculadora contribuya al dominio de sus funciones? (P6), ¿Crees que fueron suficientes las veces

que utilizaste la TI-Nspire en la clase para aprovecharla como herramienta de apoyo?
(P7).

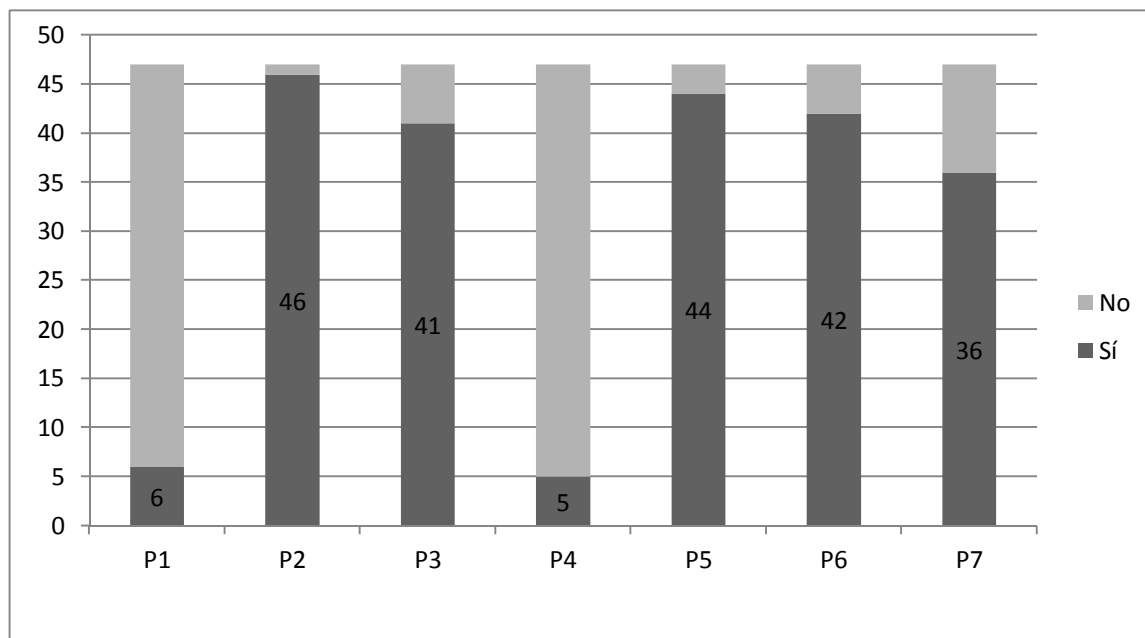


Figura 3. Cantidad de alumnos que contestaron sí o no a cada una de las siete preguntas de la primera sección del cuestionario.

La figura 4 presenta las respuestas a las siguientes nueve acciones de la última sección del cuestionario: Graficar una función lineal (P25). Graficar una función polinomial (P26). Graficar y comparar varias gráficas (P27). Graficar e interpretar gráficas (máximos, mínimos, etc.) (P28). Entender la relación entre la función y su derivada (P29). Resolver ecuaciones gráficamente e interpretar las soluciones (P30). Recolectar datos (voltaje, temperatura) (P31). Ajustar datos recolectados a funciones (curve fit) (P32). Si se considera a la TI-Nspire como una herramienta para el aprendizaje de las matemáticas, ¿qué valor le otorgarías? (P33):

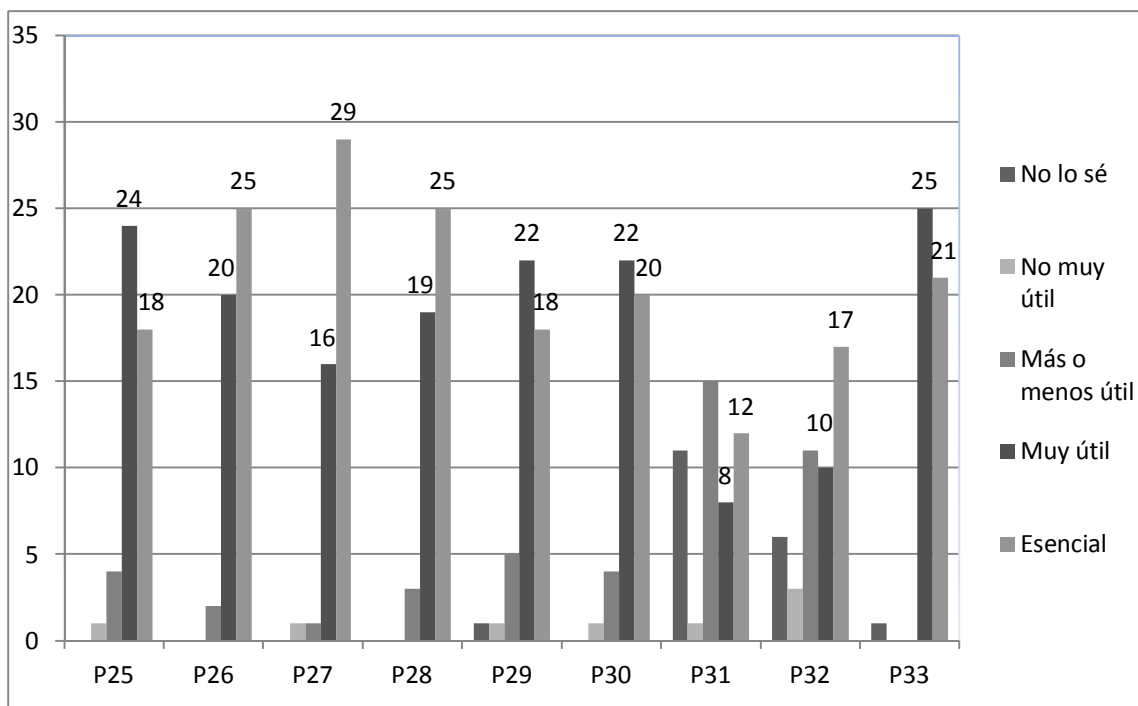


Figura 4. Cantidad de alumnos que eligieron alguna de las cinco opciones de respuesta a las acciones de la última sección del cuestionario.

Se puede observar que tanto en la pregunta 31 como la 32 hubo mayor diversidad de opiniones, esto también se pudo observar en la prueba piloto. La razón podría ser que no se trabajó suficientes veces en esas actividades. Se observa que la mayoría de los alumnos considera la calculadora gráfica entre muy útil y esencial en el resto de las acciones.

Las figuras 5, 6, 7 y 8 muestran las respuestas de las preguntas abiertas que se analizaron estadísticamente.

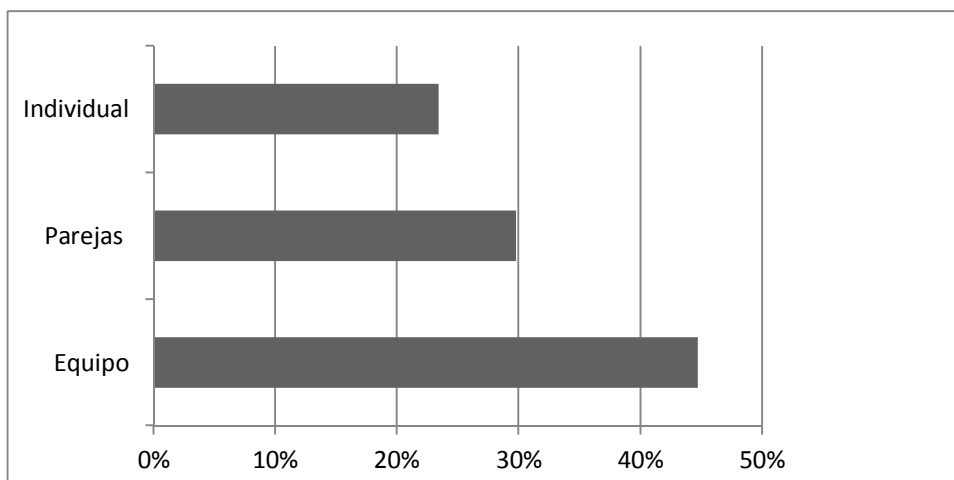


Figura 5. Porcentajes de los tres tipos de respuesta a la pregunta 15, ¿Cómo te sientes más cómodo en cuanto al trabajo con la TI-Nspire, en forma individual, en parejas o en equipo? Especifica el porqué.

Los que prefirieron el trabajo en equipo fue por el apoyo que se da entre los integrantes al momento de manejar la calculadora. Los que eligieron la opción de parejas fue porque de esa forma tendrían los beneficios de trabajar en forma colaborativa y de mayor oportunidad de manejar la calculadora. Y los que prefirieron el trabajo individual fue porque así tendrían la calculadora sólo para ellos y tendrían mayor oportunidad de manejarla.

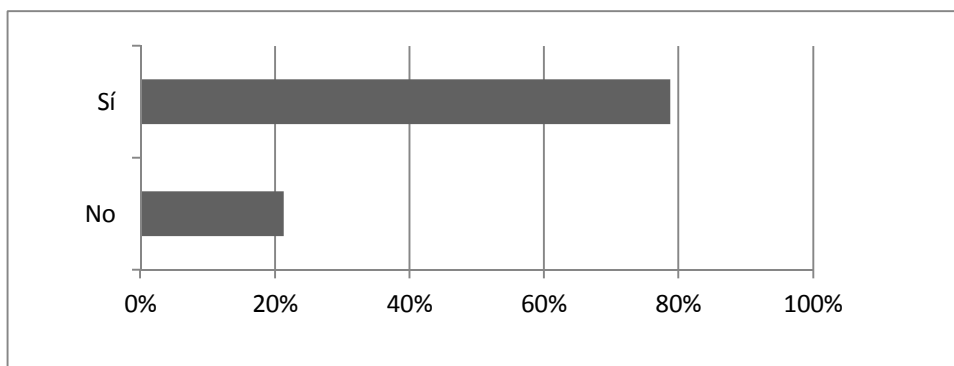


Figura 6. Porcentaje de respuestas a la pregunta 19, ¿Utilizas otro tipo de calculadora aún contando con la TI-Nspire y en qué casos?

Aunque la mayoría reconoció utilizar otro tipo de calculadora en clase aún contando con la TI-Nspire mencionaron que sólo lo hacían para realizar operaciones básicas mientras realizaban actividades más complejas con la calculadora gráfica.

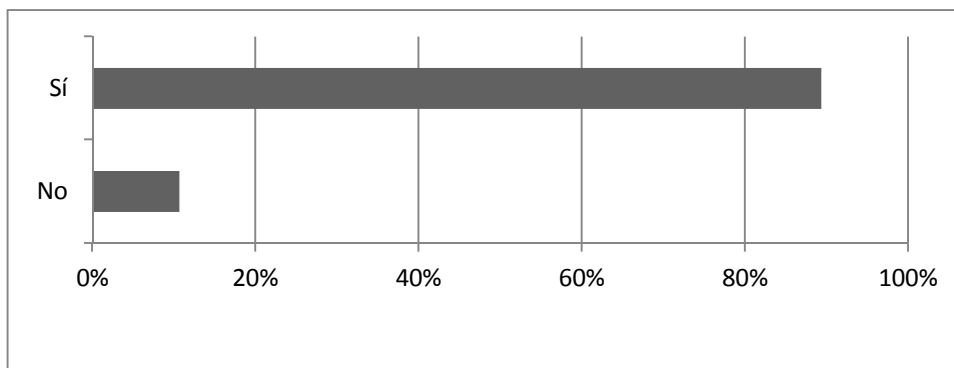


Figura 7. Porcentaje de respuestas a la pregunta 20, ¿Te gustaría generalizar y continuar el uso de la TI-Nspire en otras materias y en semestres posteriores ¿Por qué?

A la mayoría de los alumnos le gustaría continuar utilizando la TI-Nspire en otros semestres, aún aquellos que creen no utilizarla en sus materias. La razón de continuar

con su uso fue porque la consideran una herramienta útil que les facilitaría el trabajo y les ayudaría a comprender y a visualizar los problemas.

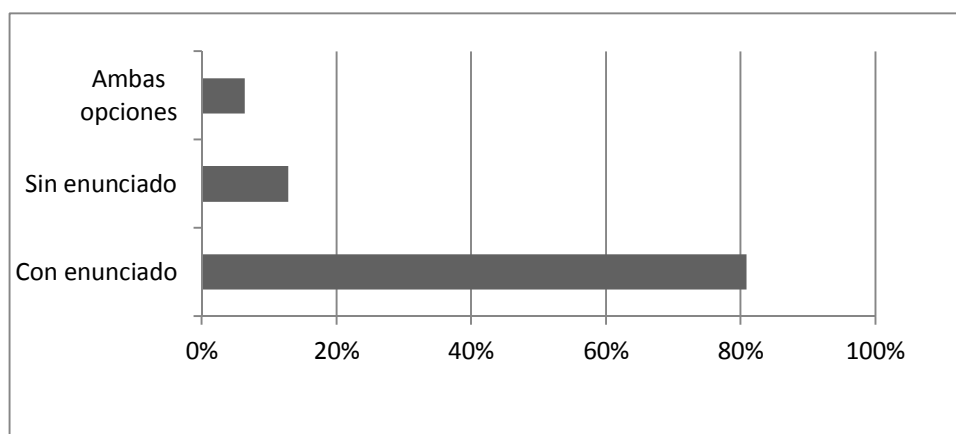


Figura 8. Porcentaje de respuestas a la pregunta 23, ¿Cuándo consideras que se aprende de manera más significativa, cuando graficas ecuaciones que no incluyen ningún enunciado o cuando los problemas incluyen descripciones de fenómenos físicos y reales? ¿Por qué?

La mayoría de los alumnos considera que se aprende de manera más significativa cuando los problemas que resuelves con la TI-Nspire hacen referencia a fenómenos físicos y reales, ya que de esa forma pueden ver la aplicación de las matemáticas en la vida diaria y su relación con el mundo real.

En seguida se presentan las categorías y subcategorías que se obtuvieron al analizar las respuestas de las preguntas abiertas del cuestionario (en este caso las letras E hacen referencia a los estudiantes y el número que les sigue hace referencia al orden en que contestaron el cuestionario):

Categoría 1. Ventajas del uso de la TI-Nspire.

a) Portátil y práctica. Los alumnos la describieron como una herramienta práctica y fácil de transportar. Es más fácil de cargar a diferencia de una computadora o laptop (E35). Es portátil, rápida y fácil de usar (E38). Es compacta (E40). Es más práctica que una computadora (E15). Muy práctica, ya que muestra todos los procedimientos y resultados de una manera sencilla, y tanto gráfica como numéricamente (E22).

b) Rápida y exacta (seguridad). La rapidez y exactitud fueron de las características más mencionadas por los estudiantes. Es mucho más rápido y preciso que hacerlo en el papel (E20). Puedes obtener funciones y gráficas de una manera más rápida y certera (E23). Es más rápida, precisa (E36).

c) Variedad de funciones. El poder realizar diversas operaciones con ella se observa como una característica positiva. Tiene más funciones que una calculadora normal (E18). Grafica en 3D (E26). Ya tiene las teclas específicas y basta con aprender que significa cada una para poder hacer tu trabajo (E32). Esta calculadora cuenta con una amplia gama de materiales y herramientas útiles en la solución de problemas matemáticos (E13).

d) Facilita la solución de problemas. Que la calculadora tiene todo, no necesitas escribir, ni resolver, ni nada; todo los puedes realizar con la calculadora (E13). Que tiene más funciones y facilita más el trabajo sin hacer tantas operaciones (E31). Me ha ayudado a que sea más fácil el resolver problemas (E37).

Categoría 2. Maneras en que la TI-Nspire apoya el aprendizaje de las matemáticas.

a) Aprendizaje ameno. Hacen el aprendizaje más interactivo (E6). Explica de manera más atractiva la forma de ver las matemáticas (E20). Las clases con TI-Nspire son más sencillas y tienen más dinámica que una clase normal por lo tanto son más interesantes (E47).

b) Visualización y Comprensión. Me ayudó a comprender el comportamiento de las funciones (E32). Te permite analizar de manera visual y en un plano más tangible el uso de la información (E16). A visualizar las gráficas y cómo se afectan las ecuaciones al mover la gráfica de posición (E21). Puedo visualizar mejor las gráficas (E23). En que me doy cuenta de forma visual del por qué de las cosas y no con puros números (E35).

c) Comprobación. Los alumnos expresaron que la TI-Nspire les sirve para comprobar lo que hacen en papel. A la hora de elaborar problemas corroboramos con la calculadora y me ha ayudado a entender mejor los gráficos y entender el por qué de las cosas (E14). Haciendo problemas primero algebraicamente y después comprobarlo con las calculadoras (E17). Me siento con mayor confianza ya que he comprobado gracias a ella cuando estoy bien o fallo en algo (E25). Te ayuda a verificar de manera gráfica las ecuaciones algebraicas (E13). Comprobar y verificar con tu procedimiento (E11). Comprobarla con la que hiciste algebraicamente (E20). Realizar tu mismo los procesos algebraicamente para confirmar que te dé como en la calculadora (E22).

d) Manipulación. Analizarla junto con su información, además de explorar los diferentes intervalos, es decir, manipularla (E8). Manipular la calculadora, explotando

toda la gama de opciones disponibles que tiene para mostrarnos acerca de nuestra grafica, puntos, ceros, etc. (E30). Modificarla o jugar con ella (E33).

Categoría 3. Conocimientos, habilidades y actitudes que se desarrollan con el uso de la TI-Nspire.

a) Identificar y reconocer gráficas a partir de sus ecuaciones o viceversa.

Establecer relaciones entre lo gráfico y lo numérico. A identificar el tipo de gráficas con tan sólo ver la ecuación (E13) Saber que gráficas corresponden a diferentes tipos de ecuaciones (E1). Identificación de tipos de gráficas (E27).

b) Interpretación y razonamiento. El razonamiento gráfico (E14). Lógica matemática (E16). Entender el comportamiento de las gráficas (E32). Que te da una perspectiva de cómo son las funciones con sólo mirarlas (E34). Tratar de imaginar cómo serían las gráficas ya sin tener que usar la calculadora (E39) Primero pues habilidades matemáticas, tecnológicas y de razonamiento (E42). Comencé el curso sin saber nada de ese tipo de instrumentos, y ahora al menos sé introducir información, graficarla e interpretarla (E16). Saber interpretar los datos que la calculadora te muestra. Es decir poder interpretar la gráfica (E23). Observar los puntos importantes para interpretar correctamente (E39).

c) Manejo de recursos tecnológicos. Los alumnos mostraron una actitud más positiva hacia la calculadora conforme iban dominando sus funciones. Mejor manejo de la tecnología (E12). Pues a manejar la tecnología, adquiriendo habilidades y destrezas en ella (E42). No creía que podría utilizarla algún día, la veía como una altísima tecnología muy complejo y ahorita me doy cuenta que realmente no es difícil simplemente es cuestión de ir explorando la calculadora (E43). Al principio me sentía inseguro (me daba

miedo usarla pensaba que la iba a descomponer) y ahora me siento más confiado al usarla (E45).

d) Análisis y creatividad. Lo primero que hay que hacer es analizar la función y localizar los máximos y mínimos, los puntos de inflexión y los ceros en el eje x (E5). Ver los puntos importantes, como máximos, mínimos, cuando corta el eje, etc. (E7). Analizar mejor como se mueve la partícula en la gráfica y localizar cada uno de sus puntos (E5). Análisis, creatividad, eficiencia y orden (E8). Análisis y comprensión (E11). Al principio de semestre no sabía identificar muy bien los puntos importantes de las gráficas de las ecuaciones y tampoco sabía cómo se comportaban, ahora gracias a la calculadora he adquirido un mayor dominio y habilidad para el análisis de ecuaciones (E38). Comprender, verificar y analizar (E41).

f) Seguridad y confianza gracias al dominio. Me siento más seguro ya que sé el funcionamiento de la calculadora (E3). Al inicio era algo desconocido, ahorita sigo aprendiendo a usarla pero ya con más confianza y conocimientos (E6). Me siento mucho mejor ya que he aprendido a utilizar esta increíble herramienta (E46).

Categoría 4. Formas como se aprende a manejar la TI-Nspire.

a) Práctica de ejercicios en clase. Sólo seis estudiantes de los que contestaron el cuestionario cuentan calculadora propia, por lo que prácticamente todos han aprendido a usarla en la clase. Con el paso del tiempo y la práctica constante en las actividades dentro del salón de clases ya sé utilizar la calculadora y puedo comprender cada una de las funciones (E5). La he aprendido a usar conforme he resuelto los ejercicios en clase (E3). He aprendido a usar la calculadora en clase, el proceso es seguir las indicaciones de mi maestra (E7).

b) Con ayuda del TI-Navigator. Aprender más sobre su uso al momento que la profesora los ponía en práctica en la pantalla (E6). Sirvió como guía en mi trabajo (E11). En que nos podían enseñar lo que debíamos de hacer (E12).

c) Andamiaje. Los alumnos reconocen y valoran el apoyo que recibieron de su profesora, de los auxiliares, de sus compañeros e inclusive de un experto para aprender a manejar la TI-Nspire. Los colaboradores de la maestra en clase, han sido de mucha ayuda en el entendimiento de las funciones de la calculadora (E6). Con mi grupo colaborativo quienes tenían más conocimientos acerca de su uso y me ayudaron resolviendo dudas de cómo utilizarla (E16). Nuestra maestra y sus ayudantes nos han ayudado a utilizarlas (E17). Un amigo me enseñó a utilizarla, pero lo que más me sirvió fue cuando vino la persona de las TI de Guadalajara (E18).

d) Exploración (prueba y error). He aprendido a utilizar la calculadora a través de las instrucciones de su uso, así como la exploración de sus herramientas para conseguir las soluciones. Yo explorando (E11). Con la práctica y el error (E33). Poniendo atención en la clase y tratando de entenderle sin ayuda (E34).

e) Trabajo colaborativo. La mayoría consideró el trabajo colaborativo como una técnica eficaz para aprender a usar la calculadora. Los que prefirieron el trabajo en parejas o en forma individual a pesar de que reconocían el valor de trabajar en equipo querían tener mayor oportunidad de manejar la calculadora. En equipo, porque a veces que no puedes hacerlo tú, tu compañero te ayuda y logras comprender el procedimiento (E4). En parejas me parece mejor así se cuenta con los beneficios de trabajar en equipo pero se tiene mayor oportunidad de manejo (E11). En parejas ya que si no le entiendo yo a algo, la otra persona puede ayudarme, pienso que en equipo serían muchas personas

para una calculadora (E25). En parejas ya que es inútil mucha gente para manipular una sola calculadora (E28). En forma individual, ya que siento la libertad de ver todas las funciones de la calculadora (E21). Si me gustaría que fuera una herramienta en el salón que fuera individual (E10).

Categoría 5. Dificultades con el uso de la TI-Nspire.

a) Manejo complicado. La mayoría de los alumnos que consideraron complicado el manejo de la TI-Nspire reconocieron que sólo fue al inicio. Es mucho más compleja que una calculadora como la que utilizamos la mayoría (Casio, Sharp, etc.) que son unas calculadoras a las que ya estamos muy acostumbrados (E15). Es muy compleja la calculadora así que estás en constante aprendizaje y su manejo es fácil una vez que aprendes lo básico, pero si necesitas de la ayuda y el aporte de una persona que sepa cómo utilizarla para aprender (E25). Al principio complejo pero cuando te acostumbras a ella sabes manejarla con facilidad (E36). Es un poco complicado pero con algo de tiempo y dedicación no se dificulta tanto (E46).

b) Navegación. El cambio de hojas, ya que se tiene que pulsar control y flecha según el lado que quieras (E3). Cuando no sabía a dónde ingresar para obtener cierto resultado (E8). Navegar por los menús (E9). Manipular el menú principal, ya que hay tantas opciones (E21). Confusión por muchos botones y debido a que tiene archivos y todo eso (E28). Encontrar las funciones (E33). Conocer los accesos directos y aplicarlos (E45).

c) Graficar, obtener máximos y mínimos. Máximos y mínimos y gráficas (E2). Graficar (E10). Creo que fue graficar, el cursor que tiene la calculadora esta raro, aún no me acostumbro a usarlo (E15). Cuando teníamos que sacar máximos, mínimos, ceros,

etc. (E22). Aprenderme los pasos para poder hacer una gráfica (E40). Poder manejar bien las gráficas (E42).

Categoría 6. Beneficios al utilizar la TI-Nspire y el TI-Navigator

a) Clases interactivas y didácticas. Buenas y de mayor aprendizaje (E2). Son distintas, más didácticas (E11). Son divertidas porque ves tu trabajo y el de los demás alumnos (E13). Que es dinámico con la clase, y cuando es sólo calculadora, no siento tanto el reto (E19). El TI-Navigator ayuda a que el trabajo sea grupal y no sólo en un equipo y darnos cuenta de más cosas (E35). Divertidas, dinámicas e interactivas para poder trabajar en equipo (E42).

b) Retroalimentación inmediata. Poder comparar trabajos es una retroalimentación muy útil (E16). Disminución de dudas (E27). Que el profesor está viendo lo que haces y eso es bueno ya que si tienes algún error él te lo puede aclarar desde su calculadora (E44). En que podía checar rápidamente mis resultados y corregirme (E46).

c) Comunicación y motivación grupal. Eficiencia, comunicación, aprendizaje y seguridad (E8). Pues estuvo muy padre porque nos comunicamos todo y estábamos conectados todos en clase creo que ésa es una de las formas que a fuerzas te conectas con todo el salón trabajando en conjunto (E18).

d) Intercambio de información. Muy buena, gracias a eso el profesor no tiene que anotar el problema en el pizarrón y nomás nos manda el archivo y todos lo tenemos al mismo instante en que lo manda (E17). Que facilitaba el tránsito de documentos que se nos enviaban (E30). Para entregar los trabajos a tiempo durante la clase, y así se puedan calificar de manera más eficiente (E45).

4.2 Análisis e interpretación de los resultados

Una de las mayores ventajas que los alumnos encontraron al utilizar la TI-Nspire, fue la rapidez y precisión con la que resolvían ecuaciones y obtenían gráficas. Aunque la mayoría reconoció que sigue utilizando otro tipo de calculadoras más sencillas, expresaron que sólo lo hacen para cálculos básicos por la facilidad y rapidez de ingresar a estas calculadoras o porque, en ese momento están utilizando la TI-Nspire para tareas más complicadas como graficar.

En la clase de Introducción a las Matemáticas se pudo observar la importancia que la profesora daba a la manipulación algebraica, a resolver los ejercicios en papel. Los alumnos mencionaron que la mayoría de las veces primero resolvían el problema en papel y después lo verificaban en la calculadora, inclusive en funciones lineales a veces no requerían comprobar. Conforme se avanzó en los temas y los ejercicios requerían procesos de solución más complejos, el uso de la calculadora gráfica se hizo más indispensable.

Ya que al inicio del semestre los alumnos tenían acceso a la TI-Nspire sólo en el salón de clases fue ahí donde aprendieron a manejarla siguiendo instrucciones de la profesora, preguntando a los auxiliares y a los compañeros que ya le entendían más y explorando por su cuenta las funciones. El uso del TI-Navigator en ese proceso de aprendizaje fue de gran ayuda ya que gracias a él se podían observar a través de las pantallas las acciones de la profesora y de los demás compañeros, sirviendo de guía en el manejo de la calculadora.

Se manifestó que al principio existía un cierto temor a la TI-Nspire porque la consideraban una herramienta complicada por la variedad de funciones que presentaba,

se les dificultaba navegar en ella y graficar, sin embargo con la práctica y el dominio ese temor fue desapareciendo y se transformó en seguridad y confianza.

La forma de trabajar en la sala ACE con la calculadora fue normalmente en parejas o en equipos de tres, al respecto los estudiantes mencionaron que esta forma de trabajar les trajo beneficios por el apoyo entre compañeros, tanto para cuestiones matemáticas como para el manejo de la calculadora. Se observó que los alumnos que prefieren trabajar en parejas es porque reconocen las ventajas del trabajo colaborativo pero saben que en parejas tendrán mayor oportunidad de manejar la calculadora y por lo tanto de dominarla. Los que eligieron trabajar en forma individual con la calculadora fue porque consideran que para aprender a manejarla hay que hacerlo ellos mismos, no sólo observar a los demás haciéndolo. Hubo quienes mencionaron concretamente que sería una buena opción que cada alumno contara con una calculadora.

La calculadora gráfica fue considerada por los alumnos como una herramienta de visualización que permitió la comprensión de los conceptos matemáticos, la relación entre gráficas y ecuaciones e incluso la relación de estas dos representaciones con los fenómenos físicos como desplazamiento, velocidad y aceleración. El proceso de visualización y manipulación de gráficas y ecuaciones ayudó a los alumnos a desarrollar habilidades de razonamiento, análisis e interpretación.

Las clases en las que se utilizó la calculadora gráfica en conjunto con el TI-Navigator fueron consideradas como interactivas, didácticas e interesantes. Al trabajar con el TI-Navigator se estimuló la comunicación grupal, se motivó a los estudiantes a participar y se aceleró el proceso de aprendizaje gracias a la retroalimentación inmediata que permitía.

El intercambio de información a través del TI-Navigator se consideró como un aspecto positivo de este tipo de tecnología, ya que permitía la recepción y el envío de documentos de una manera inmediata. Así los alumnos podían realizar actividades y contestar exámenes, guardarlos y entregarlos a la profesora cuando ella lo solicitara.

En la clase de Introducción a las matemáticas la calculadora gráfica TI-Nspire se consideró como una herramienta muy útil para el aprendizaje de las matemáticas y una herramienta esencial para graficar, sobre todo ecuaciones complejas, y para obtener los puntos importantes en las gráficas como son los máximos, mínimos, puntos de inflexión, etc.

En general se pudo observar una actitud favorable hacia el uso del a TI-Nspire y del TI-Navigator. Seis alumnos la adquirieron y la mayoría expresó que les gustaría seguir utilizándola en semestres posteriores, incluso aquellos que reconocían que en su carrera no se requeriría tanto. Sólo a cinco de 47 alumnos no les gustaría continuar utilizándola porque consideran que su carrera no lo requiere, y que además las calculadoras con las que cuentan son más fáciles de utilizar y no necesitan cambiarlas.

Tabla 1. *Incidencias del análisis de resultados organizadas por categorías y subcategorías*

Categoría 1. Ventajas del uso de la TI-Nspire.

<p>Ya no tienes que gastar papel y dañar al medio ambiente (E1). Es muy portátil (E3). Es más portátil (E25). Que es más fácil de cargar a diferencia de una computadora o laptop (E35). Es portátil, rápida y fácil de usar (E38). Es compacta (E40). Es más práctica que una computadora y más eficiente que usar lápiz y papel (E15). Muy práctica, ya que muestra todos los procedimientos y resultados de una manera sencilla, y tanto gráfica como numéricamente (E22). Es más práctica (E27). Es más práctica y útil (E29). Puedes graficar y mandar cosas por internet, se podría decir que es una calculadora y una computadora fusionadas (E17). Puedes transferir documentos y realizarlos ahí (E26). Incluso te pueden enviar archivos, encuestas a través de ellas (E25).</p>	<p>Portátil y práctica</p>
<p>Te resuelve las cosas más rápido en cualquier función (E2). La rapidez de dar un dominio muy grande a los valores de la variable para encontrar los puntos importantes (E7). Eficiencia en tiempo (E8). Más rápida que lo que vayas a hacer con la mano y lápiz (E18). Que es mucho más rápido y preciso que hacerlo en el papel (E20). Agiliza el paso (E21). Puedes obtener funciones y gráficas de una manera más rápida y certera (E23). Se hace el trabajo más rápido (E27). La manera en desarrollar las gráficas fácil y rápidamente (E34). Es más rápida, precisa (E36). Una mayor rapidez para resolver problemas (E37). Además de que es rápido (E39). Pues es más rápido (E40). Pues es más rápida y práctica a comparación del uso del lápiz y papel (E42). Es más exacta y práctica (E11). Que te marca con exactitud los datos (E14). Es más práctica (E12). Me da seguridad en mis respuestas (E21). Siento que me ha ayudado a sentirme más segura resolviendo los problemas de matemáticas (E42). Porque no se equivoca y puedes saber en qué te equivocas (E28). Sus aplicaciones son muy completas, y tiene menos margen de error que al hacerlas a lápiz y papel (E45). Me muestra más exactamente ciertos detalles (E15).</p>	<p>Rápida y exacta (seguridad)</p>
<p>La ventaja es que tiene varias funciones útiles para cualquier profesión y el aprendizajes es mejor (E6). Más funciones que una calculadora normal (E18). Grafica en 3D (E26). Ya tiene las teclas específicas y basta con aprender que significa cada una para poder hacer tu trabajo (E32). Esta calculadora cuenta con una amplia gama de material y herramientas útiles en la solución de problemas matemáticos (E13).</p>	<p>Variedad de funciones</p>

<p>Que es más práctico, y ya comprendiendo bien todas sus funciones, es muy fácil de obtener resultados (E4). Que la calculadora tiene todo, no necesitas escribir, ni resolver, ni nada; todo lo puedes realizar con la calculadora (E13). Que tiene más funciones y facilita más el trabajo sin hacer tantas operaciones (E31). Es fácil una vez que la dominas manipular las funciones que quieres (E39). Me ha ayudado a que sea más fácil el resolver problemas (E37). En facilitarme la obtención de gráficas, sus máximos, mínimos y ceros (E46).</p>	<p>Facilita la solución de problemas</p>
--	--

Categoría 2. Maneras en que la TI-Nspire apoya el aprendizaje de las matemáticas.

<p>El uso de papel y lápiz es un proceso más aburrido (E6). Hacen el aprendizaje más interactivo (E6). Explica de manera más atractiva la forma de ver las matemáticas (E20).</p>	<p>Aprendizaje ameno</p>
<p>Que te ayuda a entender mejor el tema (E10). En comprender mejor cómo se comporta una función (E10). Entender las funciones y sus procedimientos y gráficas (E22). Me ha ayudado para entender las gráficas (E24). El comportamiento de las gráficas (E26). Me ayudó a comprender el comportamiento de las funciones (E32). Lo complicado deja de serlo, o al menos se muestra cada vez más abierto a la comprensión puesto que la calculadora y la relación de tecnologías manejadas en clase te permiten deshacer o desmenuzar los problemas totalmente, de tal manera que logras observar el corazón de éstos y comprender su construcción poco a poco (E30). Las imágenes (E7) Te permite analizar de manera visual y en un plano más tangible el uso de la información (E16). Tener una visión de lo que significan las ecuaciones (E7). Para la visualización y comprobación gráfica de funciones (E8). Más simple de comprender en un pantalla donde se unan las gráficas de posición, velocidad y diferenciar puntos de corte, de inflexión y además ver cómo se comporta la velocidad, con la aceleración y cosas así que se observan mejor en unas pantallas (E18). A visualizar las gráficas y como se afectan las ecuaciones al mover la gráfica de posición (E21). Puedo visualizar mejor las gráficas (E23). En la visualización de las gráficas (E25). En visualizar las gráficas (E29). En que me doy cuenta de forma visual del por qué de las cosas y no con puros números (E35). Para ver cómo se comportan las gráficas a de las ecuaciones cuando su signos varían, etc. (E38). Observar el comportamiento de las gráficas (E39). Pues para entenderlas mejor, visualizar mejor (E41).</p>	<p>Visualización y Comprensión</p>

<p>Puedo hacer comprobaciones fácilmente, me puedo ayudar a saber cómo quedaría una grafica (E43). Para la visualización y comprobación gráfica de funciones (E8). En saber si mis gráficas estaban correctamente realizadas (E40). A la hora de elaborar problemas corroboramos con la calculadora y me ha ayudado a entender mejor las gráficas y entender el por qué de las cosas (E14). Haciendo problemas primero algebraicamente y después comprobarlo con las calculadoras (E17). Se plantea un problema en el cual se pueda verificar en la calculadora su procedimiento y/o solución (E45). Me siento con mayor confianza ya que he comprobado gracias a ella cuando estoy bien o fallo en algo (E25). Te ayuda a verificar de manera gráfica las ecuaciones algebraicas (E13). Comprobar y verificar con tu procedimiento (E11). Corroborar si coincide con los datos (E15). Comprobarla con la que hiciste algebraicamente (E20). Realizar tu mismo los procesos algebraicamente para confirmar que te dé como en la calculadora (E22). Hacer el ejercicio para ti mismo y al finalizarlo comprobar los resultados con la gráfica (E26). Que nos ayuda a ver si estamos bien o no. Nos guía (E28). Verificar si la respuesta está bien y cómo se comportan las gráficas de acuerdo a la ecuación (E29). Verificar si tu resultado es el correcto (E31). Verificar el resultado haciéndolo aparte (E45).</p>	<p>Comprobación</p>
<p>Analizarla junto con su información, además de explorar los diferentes intervalos, es decir, manipularla (E8). Manipular la calculadora, explotando toda la gama de opciones disponibles que tiene para mostrarnos acerca de nuestra gráfica, puntos, ceros, etc. (E30). Modificarla o jugar con ella (E33).</p>	<p>Manipulación</p>

Categoría 3. Habilidades y actitudes que se desarrollan con el uso de la TI-Nspire.

<p>Saber qué gráficas corresponden a diferentes tipos de ecuaciones (E1). Leer con mayor facilidad las gráficas (E3). Que puedo leer más fácil las gráficas (E4). El entender mejor cómo son las funciones y cómo son sus gráficas (E10). A identificar el tipo de gráficas con tan sólo ver la ecuación (E13). A visualizar las gráficas de las ecuaciones, ya una vez que empezamos a ver diferentes ecuaciones y sus gráficas empezamos a comprender el comportamiento de las gráficas (E21). Reconocimiento de gráficas en sus diferentes funciones (E22). Identificación de tipos de gráficas (E27). Aprendí a visualizar mejor las gráficas al ver una ecuación (E29). Una mejor visualización de las funciones que me proporcionan (E41).</p>	<p>Identificar y reconocer gráficas a partir de sus ecuaciones o viceversa (Establecer relaciones entre lo gráfico y lo numérico).</p>
--	--

<p>Habilidades visuales, para comprender mejor las funciones (E4). El razonamiento gráfico (E14). Lógica matemática (E16). Cómo tiene que ver la función con la gráfica (E24). Entender el comportamiento de las gráficas (E32). Que te da una perspectiva de cómo son las funciones con sólo mirarlas (E34). Tratar de imaginar cómo serían las gráficas ya sin tener que usar la calculadora (E39). Primero pues habilidades matemáticas, tecnológicas y de razonamiento (E42). Razonamiento detallado de cada paso a realizar. Observación (E45). Comencé el curso sin saber nada de ese tipo de instrumentos, y ahora al menos sé introducir información, graficarla e interpretarla (E16). Y analizar cómo se mueve la partícula (E5). Saber interpretar los datos que la calculadora te muestra. Es decir poder interpretar la gráfica (E23). Observar los puntos importantes para interpretar correctamente (E39).</p>	<p>Interpretación y razonamiento</p>
<p>El manejo de la calculadora (E9). Mejor manejo de la tecnología (E12). La conexión humano-calculadora (E18). La interacción con los productos de gran tecnología (E20). Mayor conocimiento de tecnología (E31). Pues a manejar la tecnología, adquiriendo habilidades y destrezas en ella así como en resolver problemas matemáticas, al igual que en el trabajo en equipo (E42). No creía que podría utilizarla algún día, la veía como una altísima tecnología muy complejo y ahorita me doy cuenta que realmente no es difícil simplemente es cuestión de ir explorando la calculadora (E43). Al principio me sentía inseguro (me daba miedo usarla pensaba que la iba a descomponer) y ahora me siento más confiado al usarla (E45).</p>	<p>Manejo de recursos tecnológicos</p>
<p>En el rápido análisis que permiten hacer (E30). Al principio del semestre no sabía identificar muy bien los puntos importantes de las gráficas de las ecuaciones y tampoco sabía cómo se comportaban, ahora gracias a la calculadora he adquirido un mayor dominio y habilidad para el análisis de ecuaciones (E38). Analizar mejor cómo se mueve la partícula en la gráfica y localizar cada uno de sus puntos (E5). Análisis, creatividad, eficiencia y orden (E8). Análisis y comprensión (E11). Sacar los puntos importantes (E1). Máximos, mínimos y puntos de inflexión (E2). Lo primero que hay que hacer es analizar la función y localizar los máximos y mínimos, los puntos de inflexión y los ceros en el eje x (E5). Ver los puntos importantes, como máximos, mínimos, cuándo corta el eje, etc. (E7). Considerar los máximos, mínimos, puntos de inflexión, etc. (E10). Obtener puntos ya sea máximos y mínimos, cortes de inflexión ya que con ello se destacan los puntos más importantes de la gráfica (E15). Sacar los mínimos y máximos (E24). Buscar los puntos en que la recta choca con el eje "x" y después los puntos máximos y mínimos, luego los puntos de inflexión (E25). Analizar las funciones, sus máximos y mínimos, etc. (E37). Identificar los puntos importantes de esa ecuación (E38). Comprender, verificar y analizar (E41).</p>	<p>Análisis y creatividad</p>

<p>Me siento más seguro ya que sé el funcionamiento de la calculadora (E3). Al inicio era algo desconocido, ahorita sigo aprendiendo a usarla pero ya con más confianza y conocimientos (E6). Al principio incómoda, ahora más cómoda con un poco más de habilidad (E7). Un poco más de destreza (E9). Siento que le saco mejor provecho ahora (E12). Al inicio, la calculadora TI-Nspire era algo completamente desconocido para mí, ahora sé muy bien cómo manejarlo y he desarrollado la habilidad de utilizarlo sin ayuda alguna (E13). Mucho más seguro porque ya la sé usar (E20). Ya tengo un mejor dominio o habilidad al usar la calculadora, aunque aún hay cosas en las que me confundo (E22). Sí le entiendo pero necesito que alguien me ayude de vez en cuando (E24). Hay una mayor habilidad para el manejo de la calculadora y una mayor confianza para resolver problemas (E37). Siento que tengo más dominio pero no soy una experta (E40). Al principio no tenía idea de cómo utilizarla, y era muy lenta para mover sus aplicaciones, pero ahora puedo dominar perfectamente cada uno de sus elementos (E45). Me siento mucho mejor ya que he aprendido a utilizar esta increíble herramienta (E46).</p>	<p>Seguridad y confianza gracias al dominio</p>
--	---

Categoría 4. Formas como se aprende a manejar la TI-Nspire.

<p>Con el paso del tiempo y la práctica constante en las actividades dentro del salón de clases ya sé utilizar la calculadora y puedo comprender cada una de las funciones (E5). La he aprendido a usar conforme he resuelto los ejercicios en clase (E3). Poner en práctica lo que nos pide la maestra (E1). He aprendido a usar la calculadora en clase, el proceso es seguir las indicaciones de mi maestra (E7). Con ayuda de mi maestro y con actividades en clase (E10). En clase a través de ejercicios, siguiendo instrucciones (E11). Con la práctica ya que la usamos muchas veces (E12). Aprendí a utilizarla en la clase de Mate. El proceso que he seguido es el de seguir las indicaciones que da la maestra al realizar los problemas dados en clase (E13). He aprendido a utilizarla con la explicación de los maestros y poniendo en práctica ciertos ejercicios que requieren de ella (E15). Con las explicaciones que daban en clase y normalmente soy el encargado de la calculadora, es fácil aprender (E19). Sigo los pasos que nos dan los maestros de la clase para aprender (E20).</p>	<p>Práctica de ejercicios en clase</p>
---	--

<p>He aprendido poniendo atención a mis maestros sobre qué pasos tomar (E21). En clase nos han permitido varias veces trabajar con las calculadoras y poco a poco he ido aprendiendo cómo se utiliza (E23). Con ejercicios e indicaciones de la maestra (E26). Siguiendo los pasos de uso que nos dicen en clase (E27). Por medio de los ejercicios que nos da la maestra (E28). Utilizándola las veces que pude en clase me ayudó a entender mejor su funcionamiento (E31). En clases practicando con diversos ejercicios (E35). Simplemente poniendo atención a las instrucciones que nos dan (E36). Siguiendo las recomendaciones de la maestra para explorar las funciones de la calculadora (E37). En primer parcial la usé muy poco (E32).</p>	<p>Práctica de ejercicios en clase</p>
<p>Aprender más sobre su uso al momento que la profesora los ponía en práctica en la pantalla (E6). Sirvió como guía en mi trabajo (E11). En que nos podían enseñar lo que debíamos de hacer (E12).</p>	<p>Con ayuda del TI-Navigator</p>
<p>Los colaboradores de la maestra en clase, han sido de mucha ayuda en el entendimiento de las funciones de la calculadora, además en el equipo hemos ido descubriendo las funciones (E6). Con mi grupo colaborativo quienes tenían más conocimientos acerca de su uso y me ayudaron resolviendo dudas de cómo utilizarla (E16). Nuestra maestra y sus ayudantes nos han ayudado a utilizarlas (E17). Un amigo me enseñó a utilizarla, pero lo que más me sirvió fue cuando vino la persona de TI de Guadalajara (E18). Cuando nos facilitan una calculadora por equipos en clase y todos vemos cómo es su funcionamiento (E22). Con las veces que nos ponen ejercicios en equipo y la vez que fue un maestro a enseñarnos (E24). Gracias a mi maestra de clases y a sus asesores me tocó conocer estas calculadoras (E25). Poniendo atención a las constantes explicaciones de la maestra y colaboradores, incluso de la misma persona que fue a dar la plática acerca del funcionamiento de las mismas (E30). Al principio, sólo eran las ocasiones en las que nos las proporcionaban en el aula, después compré la mía y asistí a un taller que dieron los promotores de Texas Instruments. Con la guía de la maestra y los asesores en clases (E38). La he aprendido a usar con el apoyo de Carlos y Paul (E40).</p>	<p>Andamiaje</p>
<p>He aprendido a utilizar la calculadora a través de las instrucciones de su uso, así como la exploración de sus herramientas para conseguir las soluciones. Y yo explorando (E11). Con la práctica y el error (E33). Poniendo atención en la clase, y tratando de entenderle sin ayuda (E34).</p>	<p>Exploración (Prueba y error)</p>

<p>En equipo porque si llegara a tener alguna duda de algo, posiblemente alguno de mis compañeros si sepan cómo hacerlo (E1). En equipo, porque a veces que no puedes hacerlo tú, tu compañero te ayuda y logras comprender el procedimiento (E4). En forma de equipo, porque nos complementamos si no entendemos sobre alguna función de la calculadora (E6). En equipo porque se puede optimizar la resolución de problemas, por ejemplo, si alguien no entiende algo, otro miembro del equipo puede explicarle o viceversa (E37). En equipo si todos trabajan de la misma manera, si no es el caso, me gusta más trabajar individualmente (E46). En parejas, me parece mejor así, se cuenta con los beneficios de trabajar en equipo pero se tiene mayor oportunidad de manejo (E11). En parejas, porque a veces cometes errores que tu pareja ve, y también mientras una lo checa en la calculadora el otro está en lo algebraico y se ayudan entre sí (E17). En parejas o equipos de tres como en clase, ya que cuando alguno no sabemos cómo realizar la actividad otro nos puede ayudar y así todos aprendemos el uso de la calculadora (E22). En parejas, ya que así podemos retroalimentarnos con el uso de la calculadora y si mi pareja comete un error y lo identifico lo ayudo a corregirlo en cambio si somos muchos el uso de la calculadora es menor (E23). En parejas ya que si no le entiendo yo a algo, la otra persona puede ayudarme, pienso que en equipo serían muchas personas para una calculadora (E25). En parejas ya que es inútil mucha gente para manipular una sola calculadora (E28). En parejas, pero que sea alguien que también le entienda para que me vaya orientando si me equivoco (E40). Individual, ya que a veces en parejas y mucho más en equipo, no te percatas de todos los pasos realizados y si se te pasa uno, al tratar de resolver un problema ya por ti mismo, no vas a poder hacerlo porque no te percaste de todo el procedimiento realizado (E13). Individual, porque puedo avanzar más rápido a mi ritmo (E19). En forma individual, ya que siento la libertad de ver todas las funciones de la calculadora (E21). Individual, puesto que considero que el hecho de representar roles, te limita a tener la calculadora en tu dominio, tan sólo una parte de la dinámica. Al menos en lo personal, me a tocado que el problema en el cual yo manejo la calculadora, no me representa muchas dudas, y al siguiente problema es donde salen, sin embargo el manejo de la máquina ya le toca a mi compañero (E30). Individual, porque aprendes a manipularla por ti mismo y así cuando tienes que usarla en tu examen sabes qué teclas utilizar para hacer las gráficas o cualquier cosa que te pidan. Cuando estás en equipo o en parejas si aprendes, pero no lo suficiente. El observar no quiere decir que sepas manipular (E32). Pienso que individual porque así vas siguiendo los pasos y observando más detalladamente cada uno de éstos además de que tú mismo vas introduciendo los pasos esto hace que sea más fácil recordarlos (E39). Si me gustaría que fuera una herramienta en el salón que fuera individual (E10).</p>	<p>Trabajo colaborativo</p>
--	-----------------------------

Categoría 5. Dificultades con el uso de la TI-Nspire.

<p>Complicado (E9).Un poco complicado (E12). Es mucho más compleja que una calculadora como la que utilizamos la mayoría (Casio, Sharp, etc.) que son unas calculadoras a las que ya estamos muy acostumbrados a usar desde hace tiempo y el que nos den calculadoras de ese tipo muchas veces nos confunde porque tiene un sistema diferente al que conocemos de nuestras propias calculadoras (E15). Es muy compleja la calculadora así que estás en constante aprendizaje y su manejo es fácil una vez que aprendes lo básico, pero sí necesitas de la ayuda y el soporte de una persona que sepa cómo utilizarla para aprender (E25). Al principio complejo pero cuando te acostumbras a ella sabes manejarla con facilidad (E36). Para mí es algo complicado, ya que no soy mucho de la tecnología (E40). Es un poco complicado pero con algo de tiempo y dedicación no se dificulta tanto (46).</p>	<p>Manejo complicado (al inicio)</p>
<p>El cambio de hojas, ya que se tiene que pulsar control y flecha según el lado que quieras (E3). Cuando no sabía a dónde ingresar para obtener cierto resultado (E8). Navegar por los menús (E9). Manipular el menú principal, ya que hay tantas opciones (E21). Confusión por muchos botones y debido a que tiene archivos y todo eso (E28). Encontrar las funciones (E33). Conocer los accesos directos y aplicarlos (E45).</p>	<p>Navegación</p>
<p>Máximos y mínimos y gráficas (E2). Graficar (E10). Creo que fue graficar, el cursor que tiene la calculadora está raro, aún no me acostumbro a usarlo (E15). Cuando teníamos que sacar máximos, mínimos, ceros, etc. (E22). Aprenderme los pasos para poder hacer una gráfica (E40). Poder manejar bien las gráficas (E42).</p>	<p>Graficar, obtener máximos, mínimos, etc.</p>

Categoría 6. Beneficios de utilizar la TI-Nspire y el TI-Navigator

<p>Buenas y de mayor aprendizaje (E2). Son distintas, más didácticas (E11). Son divertidas porque ves tu trabajo y el de los demás alumnos (E13). Que es dinámico con la clase y cuando es sólo calculadora no siento tanto el reto (E19). El TI navigator ayuda a que el trabajo sea grupal y no sólo en un equipo y darnos cuenta de más cosas (E35). Divertidas, dinámicas e interactivas para poder trabajar en equipo (E42). Más interactivas y por lo tanto son más divertidas y te permiten aprender muchas cosas (E43). Es mejor y más interactiva (menos aburrida) (E46).</p>	<p>Clases Interactivas y didácticas</p>
--	---

<p>Poder comparar trabajos es una retroalimentación muy útil (E16). Retroalimentación (E19). Que nos puedan corregir errores y ver materiales que nos mandaba el profesor por medio de documentos (E20). Disminución de dudas (E27). Que el profesor está viendo lo que haces y eso es bueno ya que si tienes algún error él te lo puede aclarar desde su calculadora (E44). En que podía checar rápidamente mis resultados y corregirme (E46).</p>	<p>Retroalimentación inmediata</p>
<p>Eficiencia, comunicación, aprendizaje y seguridad (E8). Pues estuvo muy padre porque nos comunicamos todo y estábamos conectados todos en clase, creo que ésa es una de las formas que a fuerza te conectas con todo el salón trabajando en conjunto (E18).</p>	<p>Comunicación y motivación grupal</p>
<p>Ayuda a comparar tu trabajo con el de los demás compañeros de grupo, además de que si te atorras en alguna instrucción, el maestro puede tener acceso a tu calculadora y ayudarte en tu problema (E13). Pues en lo de hacer un tipo sondeo con todos los del salón sobre la respuesta de cierto problema, eso me hizo darme cuenta de cómo piensan mis otros compañeros del salón (E15). En que podemos trabajar todos al mismo tiempo y ver las diferentes maneras en que se trabaja (E23). Que podíamos comparar resultados en cuestión de segundos (E33).</p>	<p>Comparación</p>
<p>Enviar nuestros trabajos, evaluarlos de una forma diferente (E16). Muy buena, gracias a eso el profesor no tiene que anotar el problema en el pizarrón, sólo nos manda el archivo y todos lo tenemos al mismo instante en que lo manda (E17). A que nos manden problemas o documentos (E29). Que facilitaba el tránsito de documentos que se nos enviaban (E30). Que el profesor nos pasaba archivos o actividades y que nos mostraba las respuestas que teníamos en conjunto (E35). Nos facilita el trabajo ya que las instrucciones o pasos a seguir aparecían en las calculadoras (E38). Cuando nos mandaban archivos para trabajar cada quien en su calculadora y así cada uno puede aprender de acuerdo al tema visto (E43). Para entregar los trabajos a tiempo durante la clase, y así se puedan calificar de manera más eficiente (E45).</p>	<p>Intercambio de información</p>

Capítulo 5. Conclusiones

Este capítulo representa el cierre, la conclusión del estudio. Es donde el investigador da orden a todo lo realizado en la investigación, a todas sus ideas, hallazgos y hasta a nuevas preguntas candidatas a ser respondidas con la intención de conocer más sobre el tema. Requiere de reflexión, de recordar detalle a detalle cada una de las observaciones, de ordenar e interpretar, a la luz de los objetivos y las preguntas de investigación, toda la información obtenida en la recopilación y el análisis de datos y considerando también los resultados de otras investigaciones relacionadas.

Se comienza dando respuesta a las preguntas de investigación, evaluando el cumplimiento de los objetivos perseguidos y confirmando o descartando las hipótesis establecidas al inicio. Se continúa dando forma a las conclusiones y reconociendo las limitantes del estudio, para terminar con sugerencias o recomendaciones dirigidas a quienes se interesen en indagar más sobre este tópico y mencionando el aporte del estudio al campo de la enseñanza de las matemáticas y al uso de tecnología en las escuelas.

El capítulo 4 representa el material disponible para dar respuesta a las preguntas de investigación que en este caso fueron ¿Qué aprendizajes pueden adquirir los estudiantes de matemáticas al utilizar la calculadora gráfica TI-Nspire en la solución de problemas en forma colaborativa? y ¿De qué forma se manifiestan en conductas observables las habilidades, conocimientos, actitudes, destrezas y valores adquiridos o desarrollados con el apoyo de la calculadora gráfica en actividades realizadas en forma colaborativa?. Estas dos preguntas están íntimamente relacionadas porque los aprendizajes se

representan a través de conductas observables, simplemente no podemos saber qué tanto sabe una persona sobre cierto tema hasta que lo demuestra expresándose oralmente, desarrollando algún procedimiento, elaborando algún producto o desempeñándose en alguna actividad.

Para dar respuesta a estas preguntas inmediatamente se recurre a una de las principales categorías surgidas en el análisis de los resultados, *conocimientos, habilidades y actitudes que se desarrollan con el uso de la TI-Nspire*. Entre los conocimientos que los alumnos adquirieron al trabajar con esta herramienta tecnológica están precisamente los relacionados al aprendizaje de su uso, de su manejo, ya que representó un recurso que no habían utilizado antes y que en la clase de Introducción a las Matemáticas conocieron y aprendieron a usar. No fueron precisamente conocimientos matemáticos los que adquirieron con esta herramienta, ya que sin ella también podrían aprender los conceptos de los temas programados, pero el conocer una herramienta novedosa, que presenta muchas opciones para apoyar su aprendizaje eso sí se considera gracias al uso de la TI-Nspire.

El tema de las actitudes también se vio afectado por el uso de la calculadora gráfica sobre todo en ese cambio que mencionaron los alumnos, de considerarla en un inicio una calculadora compleja, difícil de manejar y que les generaba cierto temor, a una herramienta útil, que les facilitó el trabajo, que hizo más amenas sus clases y que les ayudó a comprender mejor las matemáticas, esto se puede relacionar con lo encontrado por Dávila (2007) al concluir que el uso de tecnología digital permite desarrollar una mejor actitud hacia el aprendizaje de las matemáticas.

La seguridad y confianza también fueron de las actitudes que se favorecieron conforme se avanzó en su práctica y dominio, y para esto tuvo mucho que ver la frecuencia de su uso, el andamiaje que se dio gracias al apoyo de la profesora, de los auxiliares y de los compañeros de clase, la iniciativa del mismo estudiante por explorar más sus funciones y la demostración de procedimientos gracias al TI-Navigator. Pierce, et al. (2004) encontraron que la actitud favorable que mostraron los alumnos hacia el aprendizaje de las matemáticas con tecnología estaba relacionada con la confianza o seguridad en el uso de la tecnología.

Las habilidades desarrolladas gracias al uso de la calculadora gráfica son consideradas como el principal de los hallazgos de esta investigación ya que en ellas se refleja el beneficio de la herramienta vinculado al proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas. La manipulación y la visualización de las gráficas y de sus funciones influyeron para que los alumnos establecieran más fácilmente la relación entre representaciones (gráfica, numérica y simbólica) y desarrollaran habilidades como el razonamiento, el análisis y la interpretación.

La facilidad y rapidez con la que se podían resolver una variedad de ejercicios hicieron que los alumnos se concentraran más en el análisis e interpretación de las gráficas, desarrollando la habilidad de identificar puntos importantes de éstas y de establecer relaciones con sus funciones. Se podían imaginar una gráfica con sólo ver su función o viceversa y su comportamiento lo podían trasladar a fenómenos físicos como velocidad y aceleración. Esto se puede comparar con los resultados de Rodríguez, et al. (2005) quienes se dieron cuenta de que al realizar ejercicios utilizando la calculadora, los estudiantes exploraban los conceptos en sus aspectos gráficos y numéricos que son

modos de representación que se pueden percibir mejor con los sentidos. Igualmente Hennessy, et al. (2001) consideraron el uso de la calculadora gráfica como un mediador crítico en la gráfica y la relación entre representaciones, elementos que promueven el aprendizaje. Éstos últimos autores también consideraron como ventajas importantes del uso de la calculadora gráfica la visualización de funciones, el traslado automático entre representaciones más retroalimentación inmediata y trazado de gráficas rápido y fácil, reconociendo que éste último aspecto permite que se dedique más tiempo al análisis de problemas y soluciones más que a manipulación algebraica.

También se puede considerar que la confianza que los alumnos depositaron en la TI-Nspire fue gracias a que la consideraron una herramienta precisa, comenzando por utilizarla como herramienta de comprobación, después de elaborar en papel los procedimientos algebraicos por sugerencia de la profesora, quien consideró importante el trabajo algebraico previo a la comprobación con la calculadora. El aspecto de comprobación fue considerado en el estudio de Graham, et al. (2008) como uno de los principales objetivos que el profesor persigue al promover el uso de la calculadora en clase. Otros de estos objetivos fueron utilizarla como herramienta de visualización y como herramienta de investigación. Respecto a esto Doerr y Zangor (2000) encontraron que la naturaleza de las tareas matemáticas y el rol, conocimiento y creencias del maestro influyen en el uso enriquecedor de la calculadora gráfica.

El trabajo colaborativo fue considerado por los alumnos como técnica valiosa para aprender, tanto el manejo de la calculadora como los conceptos matemáticos. Para los estudiantes el principal beneficio de trabajar en equipo o en parejas fue el apoyo que se dio entre compañeros y la variedad de ideas que enriquecieron tanto el aprendizaje de las

matemáticas como el del manejo de la calculadora. Los estudiantes que se mostraron a favor de trabajar en forma individual con la calculadora fue porque consideraron que se aprende más haciendo que observando al compañero, además que al trabajar en equipo es más difícil ponerse de acuerdo y que no todos trabajan.

La comunicación es una habilidad que también se favoreció al trabajar en forma colaborativa. El TI-Navigator representó un apoyo para que se diera una comunicación grupal. Este recurso permitió que todos los alumnos trabajaran en conjunto, que compararan sus respuestas con el resto y que recibieran una retroalimentación inmediata. Cuando se utilizó este sistema de red de conexión con el profesor y con el resto de los compañeros los estudiantes se involucraron más en las actividades, se mostraron motivados y pudieron realizar acciones también novedosas como el intercambio de información entre ellos y la profesora a través de las calculadoras. Esto se puede comparar con el estudio realizado por Ramos (2010) en el que concluyó que el uso de este recurso tecnológico favorece el proceso de enseñanza aprendizaje de las matemáticas y favorece la actitud de los alumnos hacia esta área, mejora la interacción y la participación de los alumnos y facilita la comprensión de los conceptos matemáticos; además se aprovecha mejor el tiempo y se obtiene una retroalimentación inmediata de lo que los alumnos están comprendiendo.

Uno de los objetivos del estudio que se plantearon al inicio fue conocer los procedimientos de resolución de problemas que utilizaron los alumnos al trabajar con la TI-Nspire. Los resultados mostraron que la mayoría de los alumnos realizaban los ejercicios primero con papel y lápiz y posteriormente comprobaban sus resultados con la calculadora. Expresaron también que una vez que la calculadora les mostraba la gráfica

de una función lo que hacían era manipularla, analizarla para identificar los puntos importantes como son los máximos, mínimos y puntos de inflexión e interpretarla.

En los temas de funciones lineales no fue tan esencial el uso de la calculadora como lo fue en el tema de ecuaciones cuadráticas y polinomiales. Esto se pudo saber por sus opiniones y también revisando sus acciones grabadas en la calculadora. En un examen de funciones lineales, prácticamente no utilizaron la calculadora, una minoría la utilizó sólo para realizar operaciones aritméticas, los demás utilizaron sus calculadoras científicas. Esto último llamó mucho la atención ya que aún contando con la calculadora gráfica los estudiantes siempre tenían sus calculadoras científicas sobre las mesas.

Cuando se les preguntó si utilizaban otro tipo de calculadora aún contando con la TI-Nspire y en qué casos lo hacían, la mayoría mencionó que sí utilizaban sus calculadoras personales pero que sólo en operaciones básicas como sumar, restar, multiplicar, obtener raíces, etc. y porque así podían hacer más cosas a la vez, además en sus calculadoras estas operaciones las podían hacer más rápido.

Conforme se avanzó en los temas y éstos se volvieron más difíciles o laboriosos de resolver en papel el uso de la calculadora gráfica se hizo indispensable. McDougall y Karadag (2009) encontraron que al principio los alumnos utilizan la calculadora para actividades cognitivas sencillas, pero cuanto más se aprende sobre ella y sobre cómo explotarla, se adquiere una mayor seguridad y se utiliza con propósitos o tareas más avanzadas. Se pudo observar cómo fue entonces el proceso de aprendizaje del manejo de la TI-Nspire comenzando con la práctica de ejercicios en clase, explicaciones de la maestra y de los auxiliares, procedimientos mostrados en las pantallas gracias al TI-Navigator y auto-aprendizaje a través de la exploración. Llegando así a un nivel de

dominio aceptable, aunque sólo de las funciones que se requirieron para los temas desarrollados.

Los resultados también permitieron conocer las percepciones y actitudes de los alumnos hacia el uso de la calculadora, considerándola como una herramienta que cambió en forma positiva su perspectiva de las matemáticas, que les facilitó el trabajo y que hizo más interesantes las clases. Además les ayudó en la comprensión y visualización de los conceptos matemáticos. De 47 alumnos que contestaron el cuestionario a 42 les gustaría continuar utilizando esta herramienta a pesar que dos de ellos no creen que la vayan a requerir mucho en sus otras materias. Los otros cinco mencionaron que no quieren profundizar en las ciencias exactas, que no quieren generalizar su uso a otras materias además de matemáticas y que el manejo de la calculadora puede truncar procesos cognitivos de aprendizaje que sólo practicando con papel y lápiz se puede lograr. Dos de éstos últimos alumnos se mostraron cómodos con sus calculadoras científicas porque comentaron que son más fáciles de usar, además que no ven necesario cambiarlas por una TI-Nspire. Esto es en parte parecido a lo que Graham, et al. (2003) encontraron en su estudio, que en un examen de estadística los alumnos prefirieron usar la calculadora científica a la calculadora gráfica, ésta última sólo se utilizaba cuando el problema requería graficar.

Los alumnos se mostraron a favor de la incorporación de problemas reales o que se refieren a fenómenos físicos en la clase utilizando la calculadora; 41 de los 47 respondieron que al analizar problemas reales o cercanos a la realidad pueden visualizar mejor la aplicación de las matemáticas en su vida diaria y encontrarle mayor significado a los números. Las clases que incluyeron este tipo de ejercicios fueron consideradas

como de mayor valor didáctico, además de prácticas, interactivas, interesantes y dinámicas. Haciendo referencia a esto se puede mencionar la investigación de Lynch (2006) en la que concluyó que para lograr mejoras en los resultados de pruebas y exámenes al incorporar una herramienta tecnológica, que en su caso fue la computadora, era necesario que se utilizara en aplicaciones específicas y en simulación de problemas reales.

Las hipótesis de que el contar con una calculadora fuera de clases ayudaría a mejorar el dominio de sus funciones no se pudo comprobar ya que sólo cinco de los alumnos la adquirieron y por algunos inconvenientes de tiempo no se les pudo entrevistar personalmente para saberlo. La otra hipótesis de que el no contar con manuales o instructivos podía limitar el aprovechamiento de la herramienta, se puede deducir de los datos recopilados con las observaciones y el cuestionario, que para los objetivos de la clase, se lograron dominar las funciones que se requirieron para los temas vistos con el proceso de aprendizaje que se mencionó anteriormente, por lo que no fueron necesarios instructivos o manuales para utilizarla en las clases de Introducción a las Matemáticas. Contrario a lo que Horton, et al. (2004) concluyeron en su estudio al mostrar que el uso de un tutorial influyó en el aprendizaje y la solución de ecuaciones lineales y en la actitud de los estudiantes.

Sobre la frecuencia de uso de la calculadora la mayoría estuvo de acuerdo en que una mayor frecuencia de uso ayuda en el dominio de sus funciones y consideraron como suficientes las veces que se utilizó en el salón de clases. Sin embargo algunos reconocen que aunque saben utilizarla para los temas vistos, hay mucho por aprender de sus

funciones. La frecuencia de uso en la sala ACE fue de dos veces a la semana (cuatro horas a la semana).

Se puede concluir que la calculadora gráfica es una herramienta útil para apoyar los procesos de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas, sobre todo en aquellos temas en los que se requiere del uso de sus funciones como, en este caso, el de graficar. Las estrategias o experiencias de aprendizaje que el profesor utiliza para incorporar esta herramienta en las clases, así como sus conocimientos, ideas y convicciones influyen en la percepción de los alumnos hacia ésta, así como en el uso y aprovechamiento de su potencial. La TI-Nspire resultó ser una herramienta que ayuda a la comprensión de los conceptos matemáticos, permite la visualización, la comprobación y facilita y agiliza la resolución de problemas matemáticos y además de que su uso frecuente para graficar funciones promueve el desarrollo de habilidades como el análisis, el razonamiento y la interpretación de los diversos tipos de representación matemática. El trabajo colaborativo con la calculadora mostró beneficios en el aprendizaje de su manejo, por el proceso de andamiaje que se da entre compañeros. Igualmente el trabajo grupal apoyado con el TI-Navigator mostró beneficios como la motivación, la retroalimentación inmediata y el intercambio de información. La práctica y el dominio de sus funciones hicieron que aumentara la seguridad y confianza hacia el uso de la calculadora y que desaparecieran ciertos temores que se tenían al inicio al considerarla una herramienta compleja y difícil de manejar.

Entre las limitantes del estudio fue que la recolección de datos se hizo a mitad de semestre. Si se hubiera continuado con observaciones en los últimos días de clases y el

cuestionario se hubiera aplicado al final del semestre probablemente se podrían haber encontrado otros hallazgos.

Como se había mencionado, el perfil del investigador así como su falta de experiencia en pedagogía pudo haber sido una limitante a la hora de detectar otros aprendizajes. Los instrumentos de recolección probablemente no fueron suficientes para obtener más datos que condujeran a nuevos hallazgos. Además se pudieron haber diseñado actividades con el fin de generar aprendizajes y diseñar también instrumentos que permitieran recolectar los datos de una forma diferente donde se pudieran descubrir aprendizajes menos visibles o procesos cognitivos difíciles de detectar.

Entre las nuevas preguntas que se podrían intentar responder en posteriores estudios están:

¿En qué otras materias se pueden obtener beneficios con la incorporación de la calculadora TI-Nspire como herramienta de apoyo para el aprendizaje y cuáles serían esos beneficios?

De este estudio se desprende la inquietud de investigar qué pasaría si se trabajara en forma colaborativa con la calculadora pero que cada estudiante tuviera acceso a una. Al trabajar colaborativamente se evitaría lo que concluyeron Doerr y Zangor (2000) en su estudio, que el uso de la calculadora como artículo personal puede inhibir la comunicación de un grupo pequeño. Si a cada alumno se le proporciona una calculadora se atendería a lo que opinaron en este estudio los alumnos que prefirieron trabajar en parejas y en forma individual. Por lo tanto se podría plantear una nueva pregunta de investigación:

¿Qué aprendizajes se pueden lograr al desarrollar actividades en forma colaborativa pero donde cada alumno cuente con una TI-Nspire?

Gracias a los datos obtenidos en este estudio se pudieron deducir los aprendizajes obtenidos con el uso de la calculadora gráfica, sin embargo los procesos cognitivos o mentales son difíciles de detectar. Wan-Ali (2008) reconoce que aunque el uso de la calculadora gráfica puede mejorar el desempeño de los estudiantes en matemáticas, sólo induce procesos de pensamiento superior. De esto se puede desprender, para futuras investigaciones, la siguiente pregunta ¿Qué procesos cognitivos se pueden favorecer con el uso de la calculadora gráfica en el área de matemáticas y cómo se manifiestan?

Lista de referencias

- Ausubel, D. (1976). *Psicología educativa*. México: Trillas
- Bagni, G. T. (2004). Una experiencia didáctica sobre funciones en la escuela secundaria [Versión electrónica], *Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa*, 7 (001), 5-23. Recuperado Febrero, 17, 2011 de <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=33570101>
- Bitter, G. G. & Frederick, H. (1989). Techniques and technology in secondary school mathematics [Versión electrónica], *NASSP Bulletin*, 73 (22), 22-28. doi 10.1177/019263658907351905
- Crook, Ch. (1998). *Ordenadores y aprendizaje colaborativo*. España: Ministerio de Educación y Cultura (Ediciones Morata, S. L.)
- Dávila, A. (2007). Efectos de algunas tecnologías educativas digitales sobre el rendimiento académico en matemáticas [Versión electrónica], *Universidad Centro-Occidental Lisandro Alvarado, Barquisimeto, Venezuela*. 10 (018), 21-36. Recuperado Mayo, 11, 2011 de <http://148.215.1.166:89/redalyc/pdf/880/88001803.pdf>
- Doerr, H. M. & Zangor, R. (2000). Creating meaning for and with the graphing calculator [Versión electrónica], *Educational Studies in Mathematics*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers. 41,143-163. Recuperado de EBSCO (Document Reproduction Service No. 507688235)
- Dunham, P. & Dick, T. (1994). Research on graphing calculators [Versión electrónica], *The mathematics teacher*, 87 (6), 440-445. Recuperado de PROQUEST (Document Reproduction Service No. 62714286)
- Foster, P. A. (2006). Assessing technology-based approaches for teaching and learning mathematics [Versión electrónica], *International Journal of Mathematical Education in Science and Thecnology*, 37 (2), 145-164. Recuperado Enero, 23, 2011 de <http://www.ualberta.ca/~buzak/SUMMER%20%2707%20UofA/MATH/Math%20Readings/assessing%20tech%20based%20approaches%20for%20math.pdf>
- Frade, L. (2009). *Desarrollo de competencias en educación: desde preescolar hasta el bachillerato*. (2a. ed). México: Inteligencia Educativa.
- Graham, E., Headlam, C., Honey, S., Sharp, J., & Smith, A. (2003). The use of graphics calculators by students in an examination: what do they really do? [Versión

electrónica], *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 34 (3), 319–334. doi 10.1080/0020739031000071539

- Graham, E., Headlam, C., Sharp, J., & Watson, B. (2008). An investigation into whether student use of graphics calculators matches their teacher's expectations [*Versión electrónica*], *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 39(2), 179–196. doi 10.1080/00207390701607307
- Hennessy, S., Fung, P., & Scanlon, E. (2001). The role of the graphic calculator in mediating graphing activity [*Versión electrónica*], *The International Journal for Technology in Mathematics Education*. 32 (2), 267-290. doi 10.1080/00207390010022176
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. (5ª ed.). México: McGraw-Hill
- Horrocks, J. E. (2008). *Psicología de la adolescencia*. México: Trillas.
- Horton, R. M., Storm, J., & Leonard, W. H. (2004). The Graphing Calculator as an Aid to Teaching Algebra [*Versión electrónica*], *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 4 (2), 152-162. Recuperado Febrero, 19, 2011 de <http://www.citejournal.org/articles/v4i2mathematics1.pdf>
- Kaput, J., Lesh, R., & Hegedus, S. Technology becoming infrastructural in mathematics education (2007). En, Lesh, R., Hamilton, E., & Kaput, J. (Eds.) *Foundations for the future in mathematics education* (pp. 173-191). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc. Publishers.
- Lozano, A. (2005). *El éxito en la enseñanza*. Aspectos didácticos de las facetas del profesor. México: Trillas
- Lynch, J. (2006). Assessing effects of technology usage on mathematics learning [*Versión electrónica*], *Deakin University*. 8 (3), 29-43. Recuperado de ERIC (Document Reproduction Service No. EJ 768243)
- Martin, A. (2008). Ideas in practice: Graphing calculators in beginning algebra [*Versión electrónica*], *Journal of Developmental Education*, 31 (3), 20-37. Recuperado de EBSCO (Document Reproduction Service No. 508058891)
- McCulloch, A. W. (2009). Insights into graphing calculator use: Methods for capturing activity and affect [*Versión electrónica*], *The International Journal for Technology in Mathematics Education*. 16 (2), 75-81. Recuperado de PROQUEST (Document Reproduction Service No. 203449652)

- McDougall, D. & Karadag, Z. (2009). Using technology to support cognitive activities and to extend cognitive abilities: a study of online mathematics learning. En, S. L. Swars, D.W. Stinson, y S. Lemons-Smith (Eds.), Proceedings of the 31st Annual Meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, (pp. 1521-1528). Atlanta, GA: Georgia State University.
- National Council of Teachers of Mathematics (2003). *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston, VA: Autor
- Ormrod, J. E. (2008). *Aprendizaje humano*. Madrid, España: Pearson/Prentice Hall
- Ortiz, J. (2006). Incorporación de la calculadora gráfica en el aula de matemática. Una discusión actual hacia la transformación de la práctica [*Versión electrónica*], *Universidad pedagógica experimental libertador*, 7 (002), 139-157. Recuperado Febrero, 10, 2011 de http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/410/Resumenes/41070210_Resumen_1.pdf
- Piaget, J. (1972). Intellectual evolution from adolescence to adulthood [*Versión electrónica*], *Human development*, 15, 1-12. Recuperado Enero, 13, 2011 de <http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=ZmsOowY6-9YC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Intellectual+evolution+from+adolescence+to+adulthood&ots=vLU2W3C2Yt&sig=4rgriUGJIWPF0UqZMyoKvDpS-xM#v=onepage&q&f=false>
- Piaget, J. (1983). *La enseñanza de las matemáticas modernas*. España: Alianza editorial.
- Piaget, J. (1972). *El lenguaje y el pensamiento en el niño*. Argentina: Editorial Guadalupe.
- Pierce, R., Stacey, K., & Barkatsas, A. (2004). A New Scale for Monitoring Students' Attitudes to Learning Mathematics with Technology (MTAS) [*Versión electrónica*], *St Joseph's College, Melbourne and University of Atenas*. 129-136. Recuperado Enero, 21, 2011 de <http://www.merga.net.au/documents/RP92005.pdf>
- Ramos, E. (2010). Fortaleciendo un ambiente didáctico a través del uso de tecnología: TI-Navigator en clases de matemática [*Versión electrónica*], *Innovaciones Educativas*, (10ª. Ed.), 16-17. Recuperado Febrero, 11, 2011 de http://education.ti.com/sites/LATINOAMERICA/downloads/pdf/Innovaciones_%20Educativas_2010.pdf

- Rodríguez, O., Castro, G., & Walter, F. (2005). Uso de herramientas computacionales para el aprendizaje de las matemáticas [Versión electrónica], *Universidad Autónoma de Occidente, Colombia*. 17 (24), 46-61. Recuperado Enero, 22, 2011 de <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/478/47812408005.pdf>
- Sandholtz, J., Ringstaff, C., & Dwyer, D. C. (1997). *Teaching with technology: creating student-centered classrooms*. New York: Teachers College Press.
- Smith, K. B. & Shotsberger, P. G. (1997). Assessing the use of graphing calculators in college algebra: reflecting on dimensions of teaching and learning [Versión electrónica], *School Science and Mathematics*, 97 (7), 368-376. Recuperado de PROQUEST (Document Reproduction Service No. 62347524)
- Spitzer, S. M. (2008). The role of graphing calculators in students' algebraic thinking [Versión electrónica], *University of Delaware*. Recuperado de ProQuest (Document Reproduction Service No. 3325498)
- Texas Instruments. Tecnología TI-Nspire. Recuperado Mayo, 13, 2011 de http://education.ti.com/educationportal/sites/LATINOAMERICA/productDetail/at_nspire.html?subid=3&topid=453
- Vygotsky, L. S. (1996). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. España: Crítica (Grijalbo Mondadori, S. A.)
- Waldegg, G. (2002). El uso de las nuevas tecnologías para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias [Versión electrónica], *Red Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 4 (1), 95-116. Recuperado de Ebrary (Document Reproduction Service No. 10148640)
- Wan-Ali, W. Z. (2008). Effect of Graphic Calculator on Performance and Mathematical Thinking among Malaysian Mathematics Secondary School Children European [Versión electrónica], *Journal of Social Sciences*, 6 (1), 121-126. Recuperado Febrero, 19, 2011 de http://www.eurojournals.com/ejss_6_1.pdf?referer=www.clickfind.com.au#page=121
- Zavala, G., Alarcón, H., Domínguez, A. y Rodríguez, R. (2010). Sala ACE: Tecnología al servicio de la educación. *Ciencia Conocimiento Tecnología*, (110), 36-40

Apéndice A. Cuestionario sobre el uso de la TI-Nspire

Datos de identificación

Matrícula *Utiliza el formato A01234567

Horario de clase: 7:30 am a 9:00 am , 10:30 am a 12:00 pm

Primera parte

Esta encuesta es sobre el uso de la calculadora que tenemos en el salón, TI-Nspire.

Responde Sí o No a cada una de las siguientes preguntas *

1. ¿Consideras que la calculadora TI-Nspire es fácil de usar?
 2. ¿Te parece útil la TI-Nspire para realizar y comprender los ejercicios de matemáticas?
 3. ¿Tienes acceso a este tipo de calculadora fuera de clase?
 4. ¿Te gustaría generalizar el uso de la TI-Nspire (utilizarla en otras actividades u otras materias)?
 5. ¿Cambió el uso de la calculadora TI-Nspire tu perspectiva sobre el aprendizaje de las matemáticas?
 6. ¿Consideras que ha sido divertido aprender matemáticas usando la TI-Nspire y el TI-Navigator?
 7. ¿Sabes cómo graficar funciones con la calculadora TI-Nspire?
 8. ¿Sabes cómo analizar las funciones con la calculadora TI-Nspire?
(máximos/mínimos, ceros)
-

9. ¿Primero resuelves un problema con la calculadora y luego lo resuelves algebraicamente?
 10. ¿Primero resuelves el problema algebraicamente y luego verificas tu solución con la calculadora?
-

Segunda parte

Expresa tu opinión respecto a tu experiencia con el uso de la calculadora y a su sistema de red que conecta a todas las calculadoras (TI-Navigator System).

11. ¿Cómo has aprendido a utilizar la calculadora? ¿Cuál es el proceso que has seguido?
 12. ¿Comprendes los símbolos, números y representaciones que utilizas en la calculadora o sólo manipulas las funciones y los números sin comprender lo que representan?
 13. ¿Qué fue lo que más se te dificultó relacionado al uso de la calculadora TI-Nspire?
 14. ¿Con qué frecuencia crees que se debe usar la TI-Nspire con el fin de mejorar el dominio de sus funciones?
 15. ¿Cómo te sientes más cómodo en cuanto al trabajo con la TI-Nspire, en forma individual, en parejas o en equipo? Especifica el porqué.
 16. ¿En qué consideras que te ha ayudado la calculadora gráfica TI-Nspire para entender mejor las matemáticas?
 17. ¿Cómo te sentías al inicio del semestre y cómo te sientes ahora usando la calculadora TI-Nspire (en cuanto a: confianza, habilidad, destreza, dominio)?
-

18. ¿En qué aspectos te favoreció el uso de la calculadora TI-Nspire en conjunto con el Navigator (red de conexión con el profesor)?
19. ¿Qué ventajas tiene la calculadora TI-Nspire comparándola con otro tipo de tecnología (computadoras u otras calculadoras) y con el uso de lápiz y papel?
20. En semestres posteriores, ¿te gustaría continuar usando la TI-Nspire? ¿Por qué?
21. ¿Qué comentarios podrías hacer sobre la TI-Nspire? *Incluye además qué cambios propondrías para una nueva versión (hardware, software, diseño, etc.)
-

Tercera parte

Por favor indica en la siguiente tabla qué tan útil fue el uso de la calculadora TI-Nspire en las siguientes actividades

	Esencial	Muy útil	Más o menos útil	No muy útil	No lo sé
Graficar una función lineal					
Graficar una función polinomial					
Graficar y comparar varias gráficas					
Graficar e interpretar gráficas (máximos, mínimos, etc.)					
Entender la relación entre la función y su derivada					
Resolver ecuaciones gráficamente e interpretar las soluciones					
Recolectar datos (voltaje, temperatura)					
Ajustar datos recolectados a funciones (curve fit)					
Si se considera a la TI-Nspire como una herramienta para el aprendizaje de las matemáticas, ¿qué valor le otorgarías?					

Apéndice B. Cuestionario sobre el uso de la TI-Nspire

Datos de identificación

Matrícula:

Sexo:

Carrera:

Primera parte

Esta encuesta es sobre el uso de la calculadora que tenemos en el salón, TI-Nspire.

Responde Sí o No a cada una de las siguientes preguntas *

1. ¿Tienes acceso a este tipo de calculadora fuera de clase?
 2. ¿Cambió el uso de la calculadora TI-Nspire tu perspectiva sobre el aprendizaje de las matemáticas?
 3. ¿Sabes cómo analizar las funciones con la calculadora TI-Nspire? (máximos/mínimos, ceros).
 4. ¿Primero resuelves un problema con la calculadora y luego lo resuelves algebraicamente?
 5. ¿Primero resuelves el problema algebraicamente y luego verificas tu solución con la calculadora?
 6. ¿Crees que una mayor frecuencia de uso de la calculadora contribuya al dominio de sus funciones?
 7. ¿Crees que fueron suficientes las veces que utilizaste la TI-Nspire en la clase para aprovecharla como herramienta de apoyo?
-

Segunda parte

Expresa tu opinión respecto a tu experiencia con el uso de la calculadora y a su sistema de red que conecta a todas las calculadoras (TI-Navigator System).

8. ¿Cómo has aprendido a utilizar la calculadora? ¿Cuál es el proceso que has seguido?
 9. ¿Cómo describes el manejo de la TI-Nspire?
 10. ¿Qué fue lo que más se te dificultó relacionado al uso de la calculadora TI-Nspire?
 11. ¿Qué consideras que es lo más importante hacer una vez que la calculadora te despliega la gráfica de una ecuación que alimentaste?
 12. ¿Qué habilidades crees que desarrollas al analizar frecuentemente las gráficas en la TI-Nspire?
 13. ¿Qué tipo de funciones has aprendido a graficar con la TI-Nspire?
 14. ¿Comprendes los símbolos, números y representaciones que utilizas en la calculadora o sólo manipulas las funciones y los números sin comprender lo que representan?
 15. ¿Cómo te sientes más cómodo en cuanto al trabajo con la TI-Nspire, en forma individual, en parejas o en equipo? Especifica el por qué.
 16. ¿En qué consideras que te ha ayudado la calculadora gráfica TI-Nspire para entender mejor las matemáticas?
 17. ¿Cómo te sentías al inicio del semestre y cómo te sientes ahora usando la calculadora TI-Nspire (en cuanto a: confianza, habilidad, destreza, dominio)?
 18. ¿Qué ventajas tiene la calculadora TI-Nspire comparándola con otro tipo de tecnología (computadoras u otras calculadoras) y con el uso de lápiz y papel?
 19. ¿Utilizas otro tipo de calculadora aún contando con la TI-Nspire y en qué casos?
-

20. ¿Te gustaría generalizar y continuar el uso de la TI-Nspire en otras materias y en semestres posteriores ¿Por qué?
21. ¿Cómo describes las clases en las que se utiliza la calculadora TI-Nspire en conjunto con el TI-Navigator y aquéllas en las que sólo se utiliza la calculadora?
22. ¿En qué aspectos te favoreció el uso de la calculadora TI-Nspire en conjunto con el Navigator (red de conexión con el profesor)?
23. ¿Cuándo consideras que se aprende de manera más significativa, cuando graficas ecuaciones que no incluyen ningún enunciado o cuando los problemas incluyen descripciones de fenómenos físicos y reales? ¿Por qué?
24. ¿Qué comentarios podrías hacer sobre la clase en la que cada uno contó con una TI-Nspire y que se trabajó en forma grupal con el TI-Navigator para modelar el Cerro de la Silla? ¿La recuerdas? * Describe cómo te sentiste trabajando de esa forma, de qué forma repercutió en tu aprendizaje y en tu percepción sobre la aplicación de las matemáticas, comenta si la actividad influyó de alguna manera en el entendimiento de los temas que has visto.

Tercera parte

Por favor indica en la siguiente tabla qué tan útil fue el uso de la calculadora TI-Nspire en las siguientes actividades

	Esencial	Muy útil	Más o menos útil	No muy útil	No lo sé
Graficar una función lineal					
Graficar una función polinomial					
Graficar y comparar varias gráficas					
Graficar e interpretar gráficas (máximos, mínimos, etc.)					

Entender la relación entre la función y su derivada					
Resolver ecuaciones gráficamente e interpretar las soluciones					
Recolectar datos (voltaje, temperatura)					
Ajustar datos recolectados a funciones (curve fit)					
Si se considera a la TI-Nspire como una herramienta para el aprendizaje de las matemáticas, ¿qué valor le otorgarías?					

Apéndice C. Currículum Vitae

Mireya Olivas Duarte

Correo electrónico personal: mirolidua@hotmail.com

Originaria de Chalchihuites, Zacatecas, México, Mireya Olivas Duarte realizó estudios profesionales en Ingeniería Química en la Universidad Autónoma de Nuevo León. La investigación titulada Aprendizajes con el uso de la calculadora gráfica en un ambiente colaborativo es la que presenta en este documento para aspirar al grado de Maestría en Educación con Acentuación en Educación Media Superior.

Su experiencia de trabajo ha girado, principalmente, alrededor del campo de la ingeniería y la educación, específicamente en el área de proyectos y en la enseñanza del idioma inglés desde hace seis y un año respectivamente. Asimismo ha participado en iniciativas de carácter académico como el Fortalecimiento del aprendizaje significativo de las matemáticas a nivel superior utilizando el Aprendizaje Basado en Problemas con apoyo de la computadora y objetos de aprendizaje y El problema del bullying en escuelas secundarias.

Actualmente, Mireya Olivas Duarte está desempleada y en busca de alguna oportunidad en el área educativa. Entre sus expectativas están llegar a ser una excelente formadora que logre motivar e interesar a sus alumnos a aprender durante toda su vida, apoyarlos para que logren aplicar de una forma exitosa todo lo aprendido dentro y fuera de las aulas y ayudarlos a adquirir valores para que desarrollen un espíritu de servicio hacia los demás y logren transformar de esta manera la sociedad de la que forman parte.

Apéndice D. Fotografías



