

Elaboración de mapas de creación abierta para la formación de ingenieros hidráulicos. Caso de estudio: Isla Nerá

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 204, 54-64
2021
ISSN: 1131-9100

Elaboration of open creation maps in the teaching of hydraulic engineering. Isla Nerá case study

Lic. Fernando Fernández Valenciano, Ing. Abel Dorta Armaignac,
Ing. Juan Ramón Castellanos González Dr. C. Yamilé Mesa Barrera

Resumen

En el proceso de formación profesional del Ingeniero Hidráulico de la Universidad de Oriente (Cuba), existen limitaciones en el aprendizaje de los estudiantes en los temas relacionados con el trazado, diseño y proyección de obras hidráulicas, debido a la insuficiente calidad y cantidad de mapas y planos topográficos de una misma cuenca hidrográfica, con condiciones topográficas favorables (nivel de complejidad baja-media), estas son condiciones que exigen los planes de estudios D y E. Teniendo en cuenta estas condiciones y las necesidades (variables) de cada asignatura implicada en el desarrollo de estas habilidades profesionales y como resultado a partir de la implementación de una metodología elaborada para tal fin, se diseñaron los mapas topográficos a escala 1:100 000 y 1: 25 000 de una Isla denominada Nerá, en la cual será posible realizar de forma integral el trazado, diseño y proyección de cualquier tipo de obra hidráulica, bajo los fundamentos de lo que se ha denominado Mapas de Creación Abierta.

Abstract

In the professional training process of the Hydraulic Engineer of the Universidad de Oriente (Cuba), there are limitations in the students' learning in the subjects related to the layout, design and projection of hydraulic works, due to the insufficient quality and quantity of maps and topographic plans of the same hydrographic basin, with favorable topographic conditions (low-medium complexity level), these are conditions required by the D and E curricula. Taking into account these conditions and the needs (variables) of each subject involved in the development of these professional skills and as a result of the implementation of a methodology developed for this purpose, topographic maps were designed at a scale of 1:100 000 and 1: 25 000 of an island called Nerá, in which it will be possible to comprehensively perform the layout, design and projection of any type of hydraulic work, under the foundations of what has been called Open Creation Maps.

Palabras clave: Mapas de Creación Abierta, Isla Nerá, Medios de enseñanza, Formación del Ingeniero Hidráulico.

Keywords: Open Creation Maps, Isla Nerá, Teaching Media, Hydraulic Engineer Training.

Facultad de Construcciones de la Universidad de Oriente
fvalenciano@uo.edu.cu
adorta@uo.edu.cu
ray910210@gmail.com
yamile@uo.edu.cu

Recepción 06/04/2021
Aprobación 16/05/2021

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo es parte de la obra titulada «Estudio sobre Mapas de Creación Abierta», que es una obra protegida. La pertinencia del resultado responde al Proyecto de Investigación (Proyecto Institucional) de la Universidad de Oriente, Cuba; denominado Mapas de Creación Abierta «Proyecto Pseuda» y que comenzó oficialmente en enero del año 2018; participó en la investigación en calidad de ejecutante el Grupo científico estudiantil (GCE) «Medios Didácticos» que tiene como propósito elaborar medios de enseñanza que ayuden al docente en su desempeño y faciliten la adquisición de conocimientos a los estudiantes.

En el proceso de formación profesional del Ingeniero Hidráulico, los medios de enseñanza representan una herramienta adecuada para el desarrollo de los contenidos de las asignaturas de los planes de estudio. Estos favorecen, para el profesor, una mejor orientación de los conocimientos, habilidades, capacidades y valores; así como desde el aprendizaje de los estudiantes en la formación de los modos de actuación profesional con un mejor entendimiento de los procesos y fenómenos de la ciencia en cuestión.

González Castro (1986), en sus investigaciones refiere que los medios de enseñanza son todos aquellos componentes del proceso docente educativo que sirven de soporte material a los métodos de enseñanza (sean instructivos o educativos), para posibilitar el logro de los objetivos planteados, declara que el uso eficiente de los medios de enseñanza logra elevar la calidad del proceso enseñanza-aprendizaje. Aspecto que los autores ha tenido en cuenta para fundamentar la propuesta planteada.

Existe toda una diversidad de medios de enseñanza, tales como: libros de textos, láminas, fotografía, películas, modelos y maquetas, entre muchos otros. Algunos de estos cuentan con mejores potencialidades que otros para el aprendizaje en la carrera de ingeniería hidráulica, tal es el caso de los mapas y los planos topográficos, su papel sobresale por encima del resto, asegurando un mejor tratamiento de los requisitos cualitativos y cuantitativos para el desarrollo de la comunicación del lenguaje gráfico en la diversidad de contextos hidráulicos, los mapas y planos topográficos son de alta aplicación tanto para la labor del profesor como para el desempeño de los estudiantes en las actividades docentes.

Teniéndose en cuenta que un **mapa topográfico** es una representación gráfica, plana y reducida de las formas y dimensiones de elementos de la superficie de la Tierra, que abarca una superficie lo suficientemente grande como para que se note la curvatura de la Tierra; es decir que los elementos que se representan en los mapas son muy generales y de pocos detalles, en la ingeniería hidráulica se

emplean esencialmente para el **planeamiento hidráulico**.

Un **plano topográfico** es lo mismo que un mapa, solo que abarca una superficie lo suficientemente pequeña que puede ser considerada plana, es decir que los planos ofrecen muchos detalles de los elementos del terreno, en la ingeniería hidráulica se emplean principalmente para el **trazado, diseño y proyección de obras hidráulicas**.

Los estudiantes de la carrera que transitan por todos los años académicos emplean los mapas y planos topográficos para: determinación y trazado de las coordenadas de uno o varios puntos deseados; determinación de la pendiente de una línea; cálculo de áreas; cálculo del movimiento de tierras; elaboración de perfiles topográficos; interpretación del contenido altimétrico y planimétrico; replanteo de obras concentradas y lineales; delimitación de cuencas hidrográficas y planeamiento hidráulico. Trazado, diseño y proyección de: sistemas de riego y drenaje; de redes de abasto, alcantarillado y drenaje en zonas urbanas; de canales, trasvases y de presas de tierra; todo esto demuestra que el rol de los mapas y planos topográficos en la adquisición de conocimientos y habilidades profesionales en los estudiantes de la carrera de ingeniería hidráulica es de vital importancia.

Si se habla de importancia hay que resaltar las exigencias de los Planes de estudios vigentes (Plan de estudio D y E), que rigen el proceso de enseñanza-aprendizaje, los cuales para alcanzar las metas propuestas en la calidad de la docencia imponen condiciones a cumplir, el Plan D muestra la intencionalidad de desarrollar todas las actividades docentes dentro de una misma cuenca hidrográfica como unidad básica de estudio de la hidráulica y el Plan E la reconoce como la invariable. Añaden que los mapas y planos topográficos que representen esa cuenca hidrográfica deben de tener condiciones topográficas favorables, dígame nivel de dificultad media-baja.

Para alcanzar una comprensión adecuada del problema que se plantea, es necesario conocer previamente, que en Cuba existen mapas topográficos de todo el país desde la escala 1:100 000 hasta la escala 1:10 000, existe el mapa 1:5 000 de algunas ciudades importantes y planos topográficos a escala 1:2 000 de casi todos los lugares habitados urbanos pero ninguno de la parte rural, escasos planos a escala 1:1 000 y 1:500, o sea que los estudiantes tienen acceso al trabajo con los mapas, pero esta situación limita el trabajo con los planos debido a que el territorio nacional no está mapificado en su totalidad en las escalas grandes; si se necesitan planos topográficos para la docencia de una cuenca hidrográfica real completa, se hace necesario contratar los servicios de alguna empresa, lo que puede resultar muy costoso.

Por otro lado, en el trabajo de mesa, los docentes emplean largas horas para encontrar mapas y planos topográficos de la mapificación nacional que se ajusten

a sus necesidades, como resultado de la búsqueda, con frecuencia, los profesores terminan exhaustos e insatisfechos porque estos mapas y planos representan la realidad objetiva, su rigidez obliga a ajustarse a ellos, esto limita la creación de problemas de ingeniería que desea el docente en número, diversidad y calidad, además los mapas y planos topográficos nacionales no deben ser modificados por su condición de obra protegida, por lo tanto estos mapas en un porcentaje considerable no se articulan con las necesidades de los docentes.

En los mapas nacionales la interpretación del contenido altimétrico resulta difícil para los estudiantes, ya que en la mayoría de estos mapas donde el relieve no es llano, existen zonas que se hacen ilegibles si se trata de **definir** determinados elementos según el trazado que describen las curvas de nivel, un ejemplo claro se pone de manifiesto en la delimitación de una cuenca hidrográfica, realizar el trazado correcto de los límites de la cuenca a través de las líneas divisorias, pasa primero por el concepto del elemento en cuestión, luego en el mapa o plano se aplica dicho concepto venciendo la abstracción que producen las curvas de nivel para identificar el elemento y su eje, este último es quien define los límites de la cuenca y puede ser gráficamente definido o no, haciendo el proceso engorroso; en ocasiones a los especialistas se les hace complicado, refieren experimentar sensación de incertidumbre, una falsa impresión de impericia, o en algún que otro caso pareciera estar frente a un error de compilación, estos planteamientos corroboran lo delicado del proceso cognitivo donde la representación de la realidad objetiva puede limitar una transición adecuada del conocimiento, de lo simple a lo profundo.

Teniendo en cuenta los resultados del diagnóstico realizado, en la práctica del proceso de enseñanza-aprendizaje se han encontrado las siguientes **insuficiencias**:

- Existen mapas topográficos nacionales que representan los elementos de una misma cuenca hidrográfica, pero no así los planos topográficos porque en el país no están mapificadas las zonas rurales en las escalas más grandes.
- En el departamento- carrera no están en existencia planos topográficos digitales y pocos en papel.
- Los mapas y planos topográficos de la mapificación nacional con frecuencia no reúnen las condiciones topográficas favorables que establecen los planes de estudio en cuanto al contenido, limitando recurrentemente la interpretación adecuada de los elementos del relieve en los estudiantes y limitando a los especialistas de la carrera a crear variantes de estudios con calidad.
- La adquisición de mapas y planos topográficos es costosa.
- No es legal modificar bases cartográficas reales.

Problema: La insuficiente cantidad y calidad de mapas

y planos topográficos de una misma cuenca hidrográfica con condiciones favorables para el trazado, diseño y proyección de obras hidráulicas, limita la calidad del proceso de formación del ingeniero hidráulico.

Objetivo: Elaborar Mapas y planos topográficos de creación abierta (de la Isla Nerá), de una misma cuenca hidrográfica con condiciones favorables para elevar la calidad del proceso de formación del ingeniero hidráulico en los temas referidos al trazado, diseño y proyección de obras hidráulicas.

Se le ha denominado **Mapas de Creación Abierta (MCA)** a la creación, por el usuario final, de bases cartográficas de un territorio que se concibe a partir de condiciones y variables determinadas en función de un objetivo, donde se aplican los métodos de la cartografía, la geodesia, la topografía, la tecnología y la creatividad, siempre con carácter flexible, en cualquier soporte, para desarrollar una o varias actividades determinadas sobre un escenario adecuado o Idóneo.

Dicho de otra manera más ilustrada, para realizar la proyección de una obra hidráulica, primeramente se necesita un plano topográfico actualizado de la zona de trabajo, el especialista primero tiene que interpretar las características de los elementos que componen el relieve en el plano, luego atendiendo a todo esto, ingenia, propone, resuelve, traza, diseña, proyecta una o varias soluciones viables, **es decir, se ajusta la obra a la topografía.**

En los Mapas de Creación de Abierta se hace al contrario, el especialista desea un escenario adecuado o idóneo para el trazado, diseño y proyección de una o varias obras hidráulicas, la cual tiene preconcebida, declara las condiciones y variables deseadas, y en función de estas crea o diseña la topografía en el plano; quiere decirse que el principio básico es la elaboración de los elementos del terreno a representar y su relación espacio-contenido-forma en función de los objetivos propuestos, o sea, **se diseña la topografía en función cada obra.**

En el tiempo varios han sido los mapas y planos topográficos de creación abierta que se han elaborado de forma aislada en el departamento de ingeniería hidráulica de la Facultad de construcciones de la Universidad de Oriente, Cuba. Mapas y planos para satisfacer por independiente, la demanda de los proyectos integradores, trabajos extraclases, talleres y estudio individual.

Pero ciertamente ninguno cumplía las condiciones que exigen los planes de estudio en cuanto a la integración de los conocimientos en su carácter sistémico, ya que cada mapa o plano de creación abierta empleado en la docencia, a pesar que cumplía con el requisito de condiciones topográficas favorables para la actividad hidráulica que fue diseñado, no pertenecía o no formaba parte de una misma cuenca hidrográfica.

Ante esta situación, el Claustro en sus reuniones metodológicas propuso las siguientes ideas: Diseñar un territorio adecuado o idóneo, con todas las condiciones topográficas favorables para el desarrollo de **cualquier tipo de obra hidráulica**, donde todos los estudiantes de la carrera, a través de variantes de estudios creadas por los docentes, puedan solucionar todos los problemas de ingeniería a los que se enfrenten, referidos al trazado, diseño y proyección de obras; trabajando, transformando la misma cuenca hidrográfica que se les designe desde el primer año académico hasta el último, con un alto nivel de integración, en función de mejorar la calidad del aprendizaje y de esta manera cumplir a cabalidad con los requisitos que exigen los Planes de Estudios.

Para completar las ideas se sumaron algunos detalles: Que los docentes de cada asignatura relacionada con el tema en cuestión añadieran o aportaran sus ideas y variables en función de sus necesidades; que los límites no fueran un parteaguas sino una línea de costa, así se propuso diseñar una Isla con una cuenca hidrográfica principal en su interior; que los Mapas y planos de creación abierta a realizar cumplieran y respetaran los principios, conceptos y requisitos de la cartografía convencional en cuanto a la base matemática y a la representación; se propuso el nombre de «Nerá» para la Isla que significa «Aguas» en griego y finalmente elaborar una metodología para guiar los procesos. El resultado de esta integración es el escenario topográfico de la Isla Nerá, diseñada exclusivamente para tales fines, los Mapas de creación abierta representan una alternativa en la formación del ingeniero hidráulico.

Los Mapas de Creación Abierta tienen varias ventajas en la docencia con respecto a los mapas nacionales: son muy económicos, se elaboran con pocos recursos; son muy flexibles ya que se pueden representar los elementos de la superficie de la tierra que se necesitan en el tamaño y la forma que se desee; las variantes de estudios pueden modificarse cuando sea necesario e incluso crear nuevas; y pueden concebirse en cualquier soporte.

En los «MCA» se definen con precisión las características típicas de los elementos del relieve, dígame: ejes de vaguadas, líneas divisorias, elevaciones, cimas y sillars, las curvas de nivel son menos sinuosas y armonizan debidamente con la hidrografía; en sentido general se representan con mucha claridad conceptual todos estos elementos de manera tal que el margen al error pudiera ser menor. Estos mapas pueden constituir un importante paso intermedio para la interpretación de los mapas y planos topográficos nacionales, de esta manera se cumple con el enfoque acerca de la impartición de los conocimientos que establecen los planes de estudios, los cuales indican que debe ser, de lo más sencillo a lo más complejo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Todos los materiales y métodos empleados en la elaboración de Mapas de Creación Abierta son los mismos que se utilizan en la cartografía moderna pero no en el mismo orden, desde este punto de vista dicha elaboración puede considerarse un proceso de **ingeniería o cartografía inversa**, comenzando por un planeamiento topográfico a una escala pequeña que permitiera abarcar todo el territorio a representar teniendo en cuenta las formas y dimensiones de los elementos deseados, luego ir derivando (en todos los casos la derivación es de ampliación) e incorporando nuevos elementos (en un proceso contrario a la generalización) en la medida que se hace el pase de una escala a la otra, al cual hemos denominado «Recompilación cartográfica». De esta manera, inicialmente se concibió el planeamiento topográfico del mapa 1:100 000 a lápiz, sobre cartulina (solo relieve e hidrografía), que luego fue derivado a la escala 1:25 000 hasta su terminación y para el futuro inmediato se derivará desde esta escala a la escala 1:2 000 y finalmente se elaborará una plataforma cartográfica digital; teniendo en cuenta todo lo anteriormente planteado se hizo necesario elaborar una metodología que estuviera en concordancia con esta otra forma de hacer mapas, para cumplir con los objetivos propuestos.

Metodología para la elaboración de Mapas de Creación Abierta, caso de estudio Isla Nerá

La metodología en su sentido más amplio, según refiere Nerelys de Armas (2007) es el estudio filosófico de los métodos del conocimiento y transformación de la realidad, en un plano más estrecho incluye el conjunto de métodos, procedimientos y técnicas que responden a una o varias ciencias en relación con sus características y su objeto de estudio, en este sentido la metodología es elaborada al interior de una o varias disciplinas y permite el uso cada vez más eficaz de las técnicas y procedimientos que se disponen a fin de conocer más y mejor el objeto de estudio.

Este planteamiento aborda el concepto de metodología desde lo general a lo particular de manera que, se define con claridad la utilización del método como herramienta para la adquisición de conocimientos científicos sobre un objeto; para la elaboración de la metodología que se trae como propuesta, se asumen además los fundamentos planteados desde lo particular, es decir al interior de la carrera de Ingeniería hidráulica.

Los Mapas de Creación de Abierta para su elaboración, se rigen por una metodología que tiene una misma estructura indistintamente del objetivo y de la complejidad del territorio a representar y está compuesta por cuatro etapas:

- I Etapa: trabajos preparatorios.
- II Etapa: ejecución de los trabajos.

- III Etapa: terminaciones.
- IV Etapa: evaluación y control.

En este trabajo solo se abordarán los procesos hasta la terminación del mapa 1:25 000 que es el estado actual de la ejecución del proyecto.

I Etapa: trabajos preparatorios.

En esta etapa a partir de las condiciones y variables que debe cumplir la topografía de la Isla Nerá, se recopila toda la información necesaria para la ejecución de los trabajos, se confeccionan las indicaciones de redacción y se llevó a cabo la concepción del espacio geográfico.

Condiciones y variables que debe cumplir la topografía de la Isla Nerá, aprobadas por el Claustro.

Condiciones Espaciales principales.

La Isla debe tener:

- 1- Un espacio geográfico delimitado en el elipsoide.
- 2- Una proyección Cartográfica oficial.
- 3- Tres sistemas de coordenadas.
- 4- Formatos y nomenclaturas propios.
- 5- Red Geodésica acorde en precisión a las actividades a realizar (nominal).

Condiciones geográficas principales

- 1- Una gran cuenca hidrográfica principal (única, que será la misma para todos los trabajos), como unidad básica de estudio de la hidráulica, según el Plan de Estudio D.
- 2- La cuenca principal debe estar dividida en el mayor número posible de subcuencas.
- 3- El escenario topográfico debe tener condiciones topográficas favorables (nivel de dificultad media-baja).

Cada subcuenca dentro de la cuenca principal debe cumplir las siguientes condiciones y variables:

Cada subcuenca debe tener:

- 1- Un río secundario y varios afluentes.
- 2- Un área total no menor de 35 km².
- 3- Posibilidades de cierres visibles, para presas de categoría 3 y 4 (alto de la cortina entre 60 y 80 metros de altura)
- 4- Un espacio destinado a la actividad de riego y drenaje, que tenga un área no menor de 100 ha y la pendiente máxima hasta el 2 %.
- 5- Una red vial suficiente, carreteras de segundo orden, y caminos entrelazados entre sí armónicamente.
- 6- Dos puntos poblados, para las redes de abastecimiento, 10 000 habitantes máximo.
- 7- Una división político-administrativa.
- 8- Suelos, límites y protecciones, en función de los objetivos.

- 09-Vegetación, en función de los objetivos.
- 10-Rotulado, en función de los objetivos.
- 11- Simbología, en función de los objetivos.

I.1. Indicaciones de Redacción.

Documento técnico rector de la actividad, en ella se recogen todos los detalles del contenido del mapa a crear, desde la Introducción hasta la división de hojas cartográficas, formato y datos marginales.

I.2. Creación del espacio Geográfico.

En este proceso se crea el espacio Geográfico con una población estimada, se determina la posición que va a ocupar la Isla en el elipsoide, se escoge una Proyección Cartográfica Oficial, los sistemas de coordenadas, los formatos y nomenclaturas.

I.3. Boceto de las ideas iniciales.

Concepción espacial preliminar de los elementos a representar teniendo en cuenta la forma y dimensiones deseadas, se elaborarán como mínimo tres variantes.

II Etapa: ejecución de los trabajos

II.1. Creación del mapa 1:100 000.

En este proceso se materializa la distribución espacial de los elementos del contenido y sus formas, se procede a realizar una división territorial armónica y funcional del relieve, este se representa a través de curvas de nivel, en función de las condiciones y variables declaradas, el diseño se comienza por el trazado de la hidrografía y las divisorias principales.

II.2. Creación del mapa 1:25 000.

Este proceso cuenta con dos subprocesos: la derivación cartográfica y la vectorización para la conversión de la representación del papel a digital.

II.2.1. Derivación cartográfica.

Este proceso puede realizarse por cualquier vía posible, teniendo en cuenta que es una ampliación.

II.2.2. Vectorización del mapa 1:25 000.

Este proceso se realiza a partir del escaneo del mapa base o a través de fotografías, luego se pasan esas imágenes al *software* de dibujo y se procesan, quedando así el contenido de forma digital.

III Etapa: terminaciones.

III.1. Terminación del mapa 1:25 000

Completamiento, edición y acabado las informaciones del contenido del mapa topográfico 1:25 000.

IV Etapa: control y evaluación.

En esta etapa se procederá a la evaluación del resultado final de la ejecución de los trabajos, el control se realizará

durante y después de cada proceso de cada etapa y a través de criterios de los especialistas a partir de indicadores con la posibilidad de tener una valoración efectiva del proceso.

3. RESULTADOS

Resultados por etapas atendiendo a las condiciones y variables que debe cumplir la topografía de la Isla Nerá.

I Etapa: trabajos preparatorios

I.1. Se confeccionaron las Indicaciones del mapa topográfico 1:100 000 y del mapa topográfico digital 1:25 000.

I.2. El **espacio geográfico** es el espacio físico organizado por la sociedad o también puede decirse que es la organización de la sociedad enfocada desde una óptica espacial, el espacio de geográfico de la Isla Nerá es nominal.

La Isla Nerá se encuentra en los 27° 00' de Longitud Oeste y los 00° 16' de Latitud Norte, Zona UTM N-26 (Figura 1), se escogió esta posición porque es un lugar donde las deformaciones cartográficas son casi nulas.

La Isla está bañada en su totalidad por las aguas del océano Atlántico y coincide en la unión de las placas continentales africana y sudamericana; su división político-administrativa está compuesta por diecisiete distritos, cuenta con una superficie total de 2190,94 km² y una población estimada en un poco más de un cuarto de millón de habitantes.

Posee en su interior una gran cuenca hidrográfica con una superficie de 1385,9 km², dividida en dieciséis subcuencas; por las formas del relieve puede decirse que la formación geológica de la Isla está en correspondencia con la de una caldera volcánica, donde se describen montañas en formas circulares de las cuales salen mangas o trompas de tierra hacia su centro, cuenta con un río principal que atraviesa la cuenca de Norte a Sur, lleva por nombre «Albear» (en homenaje al ilustre ingeniero militar español Francisco de Albear), y cuenta con una longitud total de 83,8 km; sus numerosos ríos, afluentes convierten a la Isla en una gran

fuerza de este recurso; fuera de la cuenca principal en sus laderas exteriores se forman alrededor de cien pequeñas cuencas costeras con ríos pequeños de mucha pendiente.

- Se escogió y se implementó la Proyección Cilíndrica Transversa de Mercator, (UTM) como la proyección Cartográfica Oficial, la Isla Nerá tiene una misma proyección cartográfica para mapas y planos topográficos.
- Se escogieron y se implementaron tres sistemas de coordenadas: Planas rectangulares Arbitrarias (Propias), «UTM» y Geográficas, en una hoja de mapa o plano topográfico por cuadrículas se relacionan los valores correspondientes a cada tipo de coordenadas una debajo de la otra, en color azul, rojo y negro respectivamente. (Figura 2)
- Para determinar el origen de las nomenclaturas se tomó como referencia la idea de las divisiones y nomenclaturas catastrales cubanas, las cuales parten de un cuadrado base de 25 km x 25 km, en este caso el cuadrado base tiene unas dimensiones en el terreno de 500 km x 500 km, el cual representa el formato de una hoja 1:1 000 000.

Se creó un sistema de nomenclaturas único y común para mapas y planos topográficos, con el mismo formato de 50 cm x 50 cm; la división de hojas que determina el formato de los mapas como práctica a nivel mundial, corresponde a una amplitud angular proporcional de meridianos y paralelos según la proyección cartográfica empleada y la escala deseada; en los «MCA» de la Isla Nerá el formato interior de todas las hoja de mapas y planos es una división expresada en distancia y las esquinas geográficas (vértices de la hoja de mapa) tendrán el valor angular equivalente a valor lineal que le corresponda.

La mayor de las escalas convencionales topográficas establecida en Cuba es 1:500, sin embargo, en esta propuesta se incluyen las escalas 1:200; 1:100 y 1:50, dándole

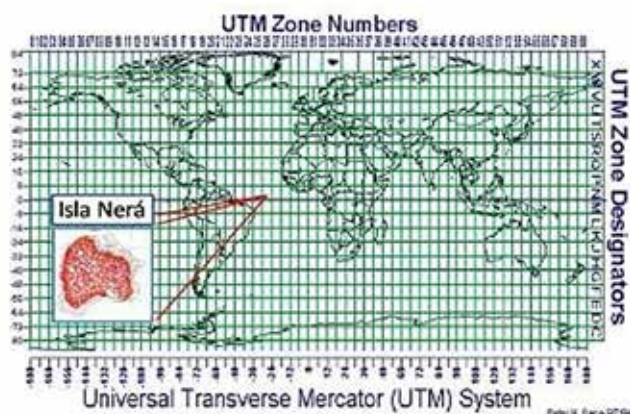
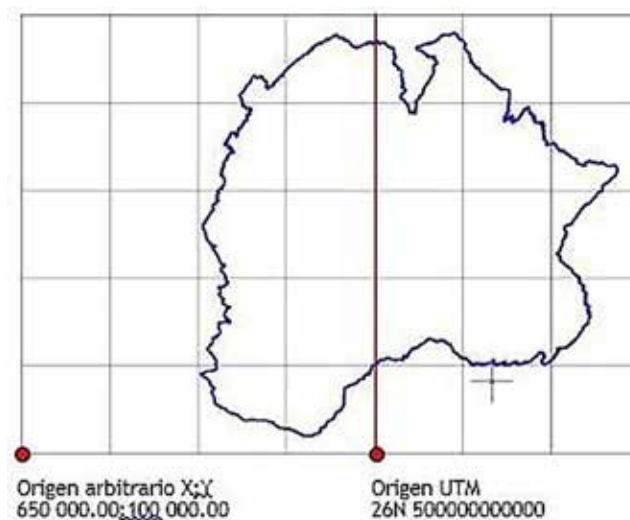


Figura 1. Posición Geográfica de la Isla Nerá



Figuras. 2. Orígenes de coordenadas planas.

oportunidad a las escalas arquitectónicas de trabajar en un espacio georreferenciado si así se desea.

Se hizo una Red Geodésica básica, de pocos puntos debido a que la posición relativa de cualquier punto o puntos deseados es conocida.

I.3. Boceto de las ideas iniciales.

Se esbozaron las ideas iniciales, se definieron de modo general las formas y dimensiones de los elementos interiores de la cuenca hidrográfica principal y por consiguiente la forma de la Isla, se presentaron tres variantes a lápiz sobre cartulina.

II Etapa: ejecución de los trabajos

II.1. Creación del mapa 1:100 000

En este proceso se materializó la distribución espacial de los elementos del contenido y sus formas, o sea el **planeamiento topográfico**, acorde a las condiciones y variables establecidas. Este proceso se realizó íntegramente a mano alzada, el relieve se representó por el método de curvas de nivel a equidistancia de 50 m.

- Se logró que todo el escenario topográfico de la Isla fuera diseñado con condiciones favorables para desarrollar todas las actividades docentes referidas al trazado diseño y proyección de cualquier tipo de obras hidráulicas.
- Se trazó un río secundario dentro de cada subcuenca y varios afluentes.
- Se trazó una red geodésica básica de pocos puntos porque el mapa digital georreferenciado brinda la posición relativa cualquier punto deseado.
- Se logró que la subcuenca de menor área dentro de la cuenca principal ocupara una superficie total no menor 35 km², se trata de la subcuenca del río Peillón, en el distrito Aguada, situado al NNW de la isla, con una superficie total de 36,4 km².
- Atendiendo a la geomorfología diseñada, cada subcuenca tiene muchas posibilidades de cierres visibles, para presas de categoría 3 (alto de la cortina entre 60 y 80 m de altura).
- Se diseñó dentro de cada subcuenca un espacio destinado a la actividad de riego y drenaje, con un área no menor de 100 ha y una pendiente máxima no mayor del 2 %, la mayoría de las subcuencas disponen de dos y de hasta tres espacios para esta actividad.

II.2 Creación del mapa 1:25 000

La creación del mapa 1:25 000 cuenta dos subprocesos:

- La derivación cartográfica del mapa 1:100 000 al mapa 1:25 000.
- La vectorización para la conversión del mapa 1:25 000 del papel a digital.

II.2.1. Derivación Cartográfica

Una vez terminado el mapa 1:100 000, se le da continuidad al proceso para la creación del mapa 1:25 000, comenzando por la derivación cartográfica, esta se realiza pasando a tinta todos los elementos que componen el mapa 1:100 000 a planchas fragmentadas de acetato transparente, con el empleo de un retropoyector se proyectaron en la pared los elementos representados en las planchas de acetato, se realiza un proceso de ajuste y escalado desplazando el proyector horizontalmente hasta lograr la distancia objeto adecuada, haciendo coincidir la imagen proyectada al tamaño del formato del papel situado en la pared, luego se dibujan los elementos proyectados en el papel, quedando como resultado un ori-

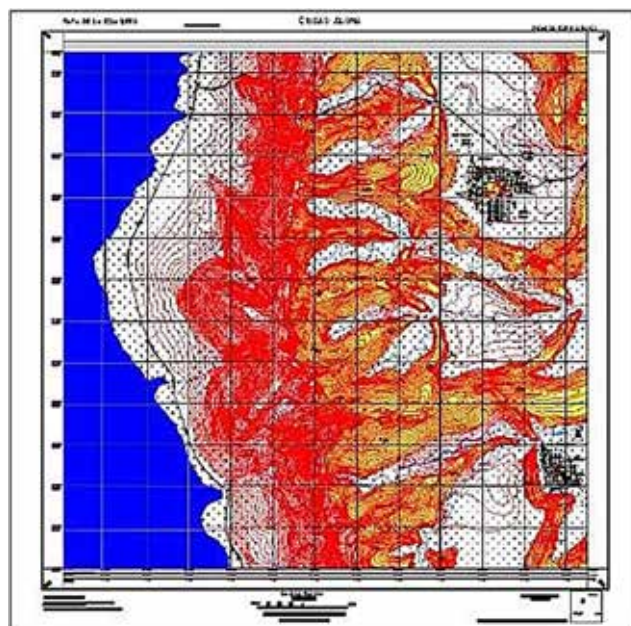


Figura 3. Hoja 1:25 000 terminada



Figura 4. Modelo digital de la Isla, (Terminada)

ginal en papel del mapa 1:25 000, solo hidrografía y relieve, se derivaron veintiuna hojas de mapa a escala 1:25 000.

II.2.2. Vectorización el mapa 1:25 000

Este proceso se realiza fotografiando o escaneando cada una de las hojas que componen el mapa 1:25 000, luego se pasan a un *software* procesador de imágenes para preeditarlas, esas imágenes luego se ponen de fondo en el *software* de dibujo y se realiza la vectorización, quedando así el contenido del mapa de forma digital, se vectorizaron veintiuna hojas de mapa a escala 1:25 000.

III Etapa: terminaciones

III.1 Terminación del digital mapa 1:25 000.

Una vez terminada la vectorización comenzaron los trabajos de terminación del mapa 1:25 000 dándole salida a la representación del resto de los elementos previstos. (Figuras 3 y 4)

- La red vial se caracteriza por tener una autopista de seis vías y numerosas carreteras, todas de cuatro vías que enlazan los puntos poblados en todas las direcciones; la autopista atraviesa la Isla de Norte a Sur de ahí su nombre, posee un túnel que comunica por su lado norte a la cuenca principal con la costa; existen dos carreteras principales: la carretera «Este-Oeste», con dos túneles, uno en cada punto cardinal, que comunican el interior de Isla con las zonas costeras atravesando la «Sierra Redonda» y la carretera «Periférica» que como su nombre lo indica bordea la isla, el resto de la carreteras unen los pueblos con la autopista.
- La Isla cuenta con un total de 34 puntos poblados y una ciudad situada al Norte que es la capital denominada «Nerópolis»; dentro de cada subcuenca existen dos puntos poblados considerados pequeños, aunque uno de ellos es mayor que el otro, con una población estimada de 10 000 habitantes.
- La división político-administrativa está conformada por diecisiete «Distritos», incluyendo el de la capital que es el único que está completamente fuera de la cuenca principal.
- Se han empleado diferentes límites según se establecen en las indicaciones de redacción, resaltan los naturales ejemplo: Ríos, divisorias o la línea de costa, empleados en la división político administrativa, la representación de estos se corresponde en forma, dimensiones y color con la de los mapas cubanos, no se descartan otros tipos de límites y protecciones, no se indican aún los tipos de suelo, pero se infiere que son suelos buenos para el desarrollo de la agricultura.
- La vegetación predominante es forestal y pasto, predominan grandes áreas de bosques en las laderas interiores de la cuenca principal, en el resto de las áreas dentro

y fuera de la cuenca principal predomina el pasto.

- Se han empleado diferentes tipos de letras y de diferentes tamaños para los rótulos según se establecen en las indicaciones de redacción, en su mayoría coinciden con los mismos empleados en los mapas cubanos.
- La simbología utilizada coincide en un alto por ciento con la misma de los mapas cubanos.

4. DISCUSIÓN

La creación o invención de mapas y planos topográficos con fines docentes es una práctica local y es posible que también sea así en algunos lugares del mundo, pero hasta la fecha y como resultado de la búsqueda de los antecedentes de los Mapas de Creación Abierta no se han encontrado referentes.

Los mapas de creación abierta como medio de enseñanza pretenden elevar la eficiencia en la calidad del proceso enseñanza-aprendizaje de la carrera de ingeniería hidráulica, en un principio se elaboraron mapas y plano topográficos de forma aislada que no formaban parte de una misma cuenca hidrográfica ejemplo: Plano topográfico digital para la construcción de una conductora de agua potable, en el «Proyecto Integrador II», (Figura 5) que se desarrolla del 2º año académico.

Ejercicio del taller N°. 4 de topografía sobre delimitación de cuencas que se desarrolla en el 1er año académico. (Figura 6)

Plano topográfico digital donde los estudiantes escogen atendiendo a ciertas variables el lugar idóneo para el trazado del o de los posibles cierres para represar el agua, luego el diseño y proyección de la cortina (Figuras 7 y 8), que se desarrolla en el «Proyecto integrador VI» del 5º año académico.

En la Isla Nerá se han realizado dos experimentos, uno parecido al ejemplo que se muestra de «Presas de tierra», con magníficos resultados, y el otro en la asignatura «Proyecto integrador V», (figuras 9 y 10), que se lleva a cabo en el 4º año académico, donde los estudiantes deben desarrollar habilidades relacionadas con el trazado, diseño y proyección de obras de acueducto, alcantarillado y drenaje en zonas urbanas. Se escogió para este proyecto una porción de la cuenca del río Trujillo la cual posee un área de 74,4 km², ubicada en la parte sur oriental de la Isla, en el distrito Cristal; para este trabajo al igual que para el caso de presas de tierra se derivó de forma experimental del mapa 1:25 000 esta porción de la Isla a la escala 1:2 000, el trabajo se desarrolló en un poblado denominado «Alayo», el cual había tenido una ampliación urbana al noreste del pueblo, la cual no era posible unir al sistema viejo porque no daba abasto y se decidió hacer una nueva red de abastecimiento,



Figura 5. Proyecto de construcción de una conductora.



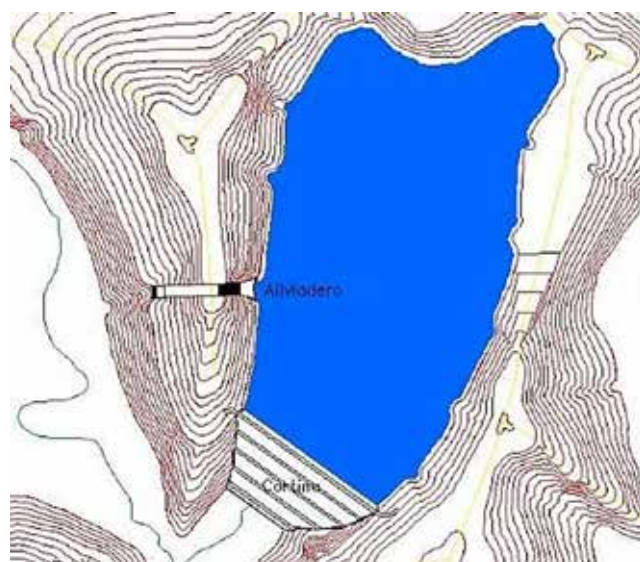
Figura 6. Delimitación de Cuencas hidrográficas.

alcantarillado y drenaje; los resultados fueron muy buenos los estudiantes lograron desarrollar las habilidades profesionales según lo previsto, el ejercicio experimental fue exitoso.

Faltan por ensayar muchas variantes de estudios de diferentes tipos de obras hidráulicas sobre la topografía de la Isla; con el uso y aplicación de estos mapas y planos se espera un incremento considerable en la calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje en la carrera de Ingeniería hidráulica.

Valoración de la metodología propuesta por los especialistas

Se aplicaron entrevistas y encuestas a varios especialistas del grupo empresarial Geocuba y de la Universidad de Oriente, arrojando los siguientes resultados: coinciden en su totalidad que la propuesta es flexible porque se pueden crear las variantes de estudios deseadas con posibilidad de modificarlas; Coinciden en un 100 % en que la propuesta es



Figuras.7 y 8. Trazado, diseño y proyección de una presa.

buena desde el punto de vista económico por el bajo costo de la ejecución. Consideran que la propuesta es integradora porque todas las actividades docentes se desarrollan en una misma cuenca hidrográfica, en varias asignaturas y abarca diversas obras. Todos coinciden que es útil, por todo lo que se puede lograr tanto en la formación de los estudiantes durante el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje, así como en la preparación de los especialistas de la carrera capaces de elaborar o modificar sus propios mapas y planos acorde a las necesidades del plan de estudio. Consideran en un 100 % atendiendo a todo lo planteado en estos parámetros que es buena la calidad de la propuesta, que es aplicable, y que es ventajosa su signi-

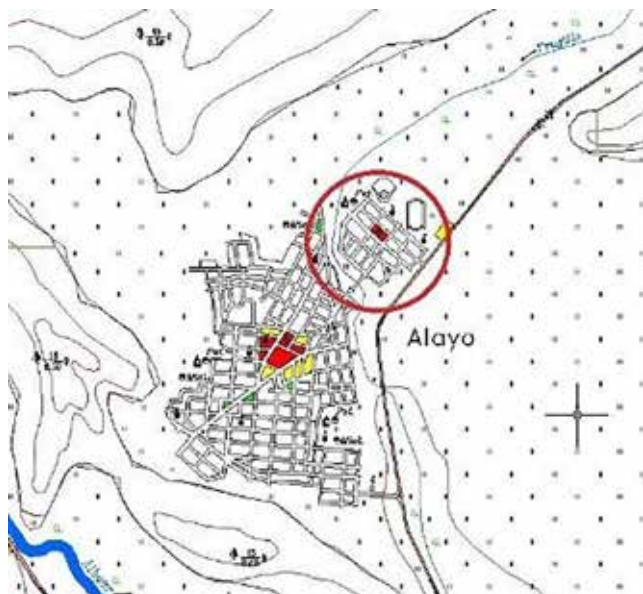


Figura 9. Poblado Alayo

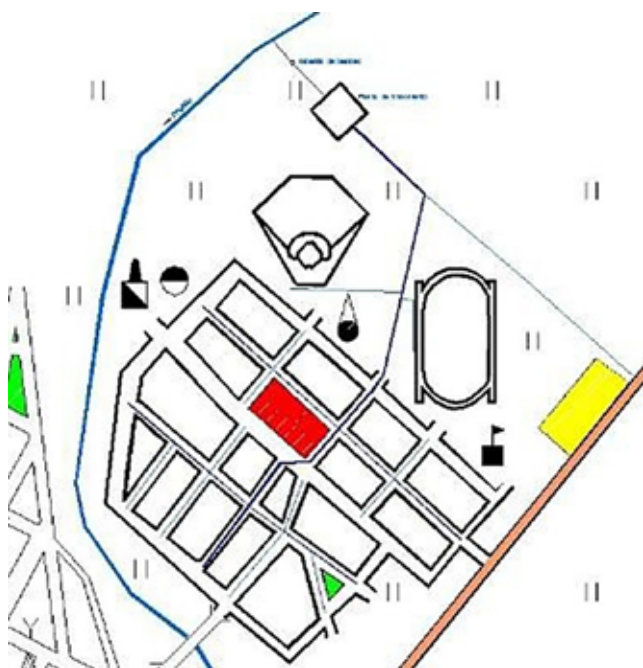


Figura 10. Propuesta del acueducto de la ampliación de Alayo.

ficación práctica.

5. CONCLUSIONES

- Los Mapas de Creación Abierta se establecen como un resultado novedoso para el perfeccionamiento de los mapas y planos topográficos como medio de enseñanza-aprendizaje en la formación del Ingeniero Hidráulico y constituyen en vía efectiva para la conducción de dicho proceso en la solución de problemas ingenieriles de la carrera.

- Se constató la concepción del espacio Geográfico de la Isla Nerá, la creación del mapa topográfico a escala 1:100 000 y la creación del mapa topográfico digital a escala 1:25 000.
- Los ensayos realizados en la Isla fueron exitosos, se trabajó en una misma cuenca hidrográfica con condiciones topográficas favorables para todo tipo de obras hidráulicas.
- Los «MCA» constituyen un paso intermedio para que los estudiantes de la carrera desarrollen las habilidades profesionales referidas a la interpretación del contenido en los mapas y planos topográficos nacionales.
- Los criterios de especialistas, reconocen la factibilidad de los mapas de creación abierta para la formación de las habilidades profesionales referidas al **trazado, diseño y proyección de obras hidráulicas** en el proceso de formación del Ingeniero Hidráulico, acreditando el valor científico-metodológico de la propuesta, que contribuye a la apropiación de los modos de actuación.

6. AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Oriente en Santiago de Cuba por su apoyo financiero en calidad de proyecto institucional; a los valerosos estudiantes del Grupo Científico Estudiantil «Medios Didácticos» que no reciben la asignatura «Geomática» de forma curricular y dedicaron muchas horas a aprenderla, a aplicarla y a disfrutarla; a la Empresa GEOCUBA Oriente Sur por la formación profesional; al ilustre Dr.C. Pedro Lázaro Romero Suárez por su aporte, considerado uno de los principales iniciadores de esta actividad en Cuba, y por último y no menos importante, a nuestro Dios amoroso y a mi familia por su valiosa ayuda, a todos, muchas gracias.

REFERENCIAS

- Cano, R.** (1991) «Selección de medios para la enseñanza», revista tetla-ni, año 8, no 62 México.
- González Castro, V.** (1986). *Teoría y Práctica de los medios de enseñanza*, Editorial Pueblo y Educación, La Habana.
- Pellicer Pérez, J.** (1986). *Cartografía*. Editorial Pueblo y Educación, La Habana.
- Klingberg, L.** (1989). *Introducción a la didáctica general*, Editorial Pueblo y Educación La Habana.
- Uría Peña, A M.** (1989). *Medios de enseñanza: infinidad de iniciativas*, Editorial Pueblo y Educación, La Habana.
- Cubero Allende, J.** (1985). *Los medios de enseñanza en la educación superior*. Ed. Universidad de la Habana, La Habana.

De Armas, N. (2007). *Aproximación al estudio de la metodología como resultado científico*, La Habana.

Torres Arroyo, J G. (2005). *El mapa, más allá del diseño*.

Otros significados de los mapas, en Jornada de reflexión académica en diseño y comunicación, 245-260 pp. ISSN 1668-1673.

Sobre los autores

Fernando Fernández Valenciano

Graduado de Geodesia y Cartografía (1991), en "Ilya Ivanov", Ciudad Habana. Trabajó en el otrora instituto Cubano de Geodesia y Cartografía (ICGC), en la provincia de Holguín, transitando por las disciplinas: Cartografía y Fotogrametría aérea. Trabajó en el (ICGC) de Santiago de Cuba en las disciplinas: fotogrametría terrestre, levantamiento directo, actualización del plano 1:2 000. Trabajó en el Grupo empresarial Geocuba en: La ejecución del mapa 1:5 000 de la ciudad de Santiago de Cuba, catastro urbano, cartografía digital y en la actividad de construcción de maquetas topográficas. Es Licenciado en Educación en la especialidad de Construcciones, es doctorando en ciencias de la Educación, se desempeña como profesor de topografía en la carrera de Ingeniería hidráulica de la Universidad de Oriente, Cuba. Posee registros de obras. Trabaja la línea de investigación de medios de enseñanza relacionadas con la construcción de maquetas topográficas y la elaboración de Mapas de Creación Abierta.

Abel Dorta Armaignac

Graduado de Ingeniería Hidráulica en la Universidad de Oriente en el año 1996. Se ha desempeñado como profesor de la carrera Ingeniería Hidráulica por más de 20 años ocupando responsabilidades desde Profesor Principal de Asignatura, Jefe de Disciplina hasta Jefe de Departamento Docente. Ocupa actualmente la categoría docente de Profesor Auxiliar. Fue miembro de la Comisión Nacional de la Carrera Ingeniería Hidráulica en el período de 2007-2010, participando en la elaboración del Plan de Estudio D. Ha impartido tanto en pregrado como en postgrado asignaturas relacionadas con la especialidad en las temáticas de Mecánica de los Fluidos, Obras hidráulicas, Hidráulica de las conducciones libres, Ingeniería de Riego, Abastecimiento de Agua, Alcantarillado y Drenaje Pluvial e Hidrometría. Se desempeñó como Profesor Principal de los Proyectos Integradores del Plan de Estudio D de la carrera. Es uno de los principales promotores de la elaboración de mapas de creación abierta en la solución de problemas de ingeniería hidráulica para la docencia, aportando valiosas ideas e iniciativas relacionadas con el tema, es el autor del planeamiento hidráulico de la isla Nerá, posee registros de obras.

Juan Ramón Castellanos González

Ingeniero en Hidrografía y Geodesia, Academia Naval «Granma», Cuba. Laboró por espacio de cuatro años en el Grupo Empresarial GEOCUBA Oriente Sur, de la provincia Santiago de Cuba. En dicho centro se especializó en Proyectos de Estudios de Clima de Oleaje, Marea y Corrientes Marinas, enfocados a los trabajos de protección y restructuración de dunas y sectores costeros.

Actualmente se desempeña como especialista en el Centro de Estudios Multidisciplinarios de Zonas Costeras (CEMZOC), Universidad de Oriente, Cuba. Implementa en el mismo el uso de la Teledetección y sus aplicaciones en los Sistemas de Informaciones Geográficas (SIG) asociados al Manejo Integrado en Zonas Costeras. Actualmente es maestrante de la VII Edición de la Maestría de Manejo Integrado en Zonas Costeras de la Universidad de Oriente, dentro del proyecto de Mapas de creación abierta asume las tareas referidas a la construcción de los modelos digitales del terreno y la elaboración de la plataforma cartográfica digital.

Yamilé Mesa Barrera

Profesora Titular. Doctora en Ciencias Pedagógicas, graduada en Licenciada en Educación en la especialidad Construcción Civil. Máster en Pedagogía Profesional. Lugar de nacimiento Cuba. Graduada en 1991 en la Universidad de Ciencias Pedagógicas José de la Luz y Caballero ubicada en la ciudad de Holguín, se desempeñó primeramente como docente de la Educación Técnica y Profesional de las especialidades Dibujo de Construcción y Construcción Civil, luego continuó su labor docente en la Universidad de Ciencias Pedagógicas Frank País García, centros que radican en su ciudad natal. En la actualidad es profesora e investigadora del Departamento carrera de Ingeniería Civil en la Facultad de Construcciones de la Universidad de Oriente, Cuba. Se desempeña como Vicedecana de Investigación y Posgrado. Posee publicaciones de impacto en revistas especializadas en las líneas de investigación relacionada con la Pedagogía y Didácticas de las ramas técnicas. Tiene registros de obras. Realizó estancia posdoctoral en la Universidad de Málaga, España en el 2018. Ha participado en eventos nacionales e internacionales. Ha sido tutora de tesis de Maestrías y de Doctorado. Es miembros del Centro Latinoamericano de Epistemología y Pedagogía, dentro del proyecto de Mapas de creación abierta asume la parte pedagógica.