



Recibido: 20/6/2024, Aceptado: 3/9/2024, Publicado: 13/9/2024

Hernández Brito, Y. y Martínez Alberich, L. (2024). Procedimiento basado en Ontologías para predecir la reducción de líneas costeras en Yaguajay. *Márgenes. Revista multitemática de desarrollo local y sostenibilidad*, 12(3), 92-109.

<https://revistas.uniss.edu.cu/index.php/margenes/article/view/1851/version/2425>

**Procedimiento basado en Ontologías para predecir la reducción de líneas
costeras en Yaguajay**

Ontology-based procedure to predict coastlines reduction in Yaguajay

Autores:

Ing. Yaniel Hernández Brito¹

yhbrito@uclv.cu

<https://orcid.org/0000-0002-1228-1853>

Lic. Luisbey Martínez Alberich²

lmalberich@uclv.cu

<https://orcid.org/0000-0003-4896-6990>

¹Centro de Servicios Ambientales. Sancti Spiritus, Cuba.

²TECNOAZUCAR. Villa Clara, Cuba.

RESUMEN

Introducción: La reducción de la línea de costa que resulta de la penetración del mar, está asociada a los efectos del cambio climático que provocan el aumento del nivel de los océanos. Esta penetración produce efectos dañinos sobre extensas tierras cultivables y para uso ganadero del municipio de Yaguajay, sustanciales en el desarrollo económico territorial. Sin embargo, actualmente no es posible predecir a mediano y largo plazo cuánto puede afectarse el terreno productivo yaguajayense hacia una toma de decisiones oportuna en ese sentido. En esta investigación se propone un procedimiento metodológico basado en ontologías para predecir la reducción de líneas costeras en el Centro de Servicios Ambientales de Sancti Spíritus.

Objetivo: Desarrollar un procedimiento basado en ontologías para predecir la reducción de líneas costeras.

Métodos: Una investigación científica de tipo exploratorio y descriptivo. Se integran datos, información geográfica, oceánica y conocimiento de expertos que convergen en un entorno semántico. Se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva y se diseñó una ontología que representa los factores y las interacciones que influyen en la reducción de líneas de costas.

Resultado: El principal resultado se materializa en la creación de un procedimiento predictivo utilizable en la gestión de riesgos de los ecosistemas costeros y los terrenos cultivables colindantes con estas áreas.

Conclusiones: La investigación contribuye a diagnosticar ecosistemas costeros y terrenos productivos en situación de vulnerabilidad, incidiendo favorablemente en la gestión del desarrollo local sostenible frente al cambio climático.

Palabras clave: ecosistema marino; ecosistema terrestre; ontología; zona costera

ABSTRACT

Introduction: Coastline reduction resulting from sea penetration is associated with the effects of climate change that cause ocean level rise. This penetration produces damaging effects on extensive arable and livestock lands in the municipality of Yaguajay, which are substantial for territorial economic development. However, it is currently not possible to predict in the medium and long term how much the productive

land in Yaguajay may be affected to make timely decisions in this regard. This research proposes a methodological procedure based on ontologies to predict coastline reduction at the Environmental Services Center of Sancti Spíritus.

Objective: To develop an ontology-based procedure to predict coastline reduction.

Methods: This is an exploratory and descriptive scientific research. It integrates data, geographic information, oceanic information, and expert knowledge that converge in a semantic environment. A thorough literature review was conducted, and ontology was designed to represent the factors and interactions influencing coastline reduction.

Result: The main result materializes in the creation of a predictive procedure usable in risk management of coastal ecosystems and farmlands adjacent to these areas.

Conclusions: The research contributes to diagnosing coastal ecosystems and productive lands in a situation of vulnerability, favorably impacting the management of sustainable local development in the face of climate change.

Keywords: coastal zones; marine ecosystems; ontology; terrestrial ecosystems

INTRODUCCIÓN

Según Jori (2009), “el cambio climático constituye uno de los mayores desafíos a los que se enfrenta la humanidad. De forma inequívoca, el planeta es actualmente más cálido que tres décadas atrás, y continuará calentándose durante los próximos decenios” (p. 125). Alarmas de la comunidad científica sobre:

(...) el aumento del nivel del mar, surgen del posible impacto en el cambio de éste a escala regional, y de los cambios perceptibles en valores asociados a factores ambientales en las costas de todo el mundo, como la posible recesión de la línea de costa, la pérdida de infraestructura costera, de recursos naturales y de biodiversidad (...) (Sparrow, 2021, p. 32)

No hay duda de que una de las causas de la erosión costera son los eventos extremos (Meucci et al., 2020). Ante esta realidad, la comunidad internacional ha establecido una serie de objetivos y estrategias para abordar el cambio climático y promover el desarrollo sostenible. Entre estos se encuentran los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 (Naciones Unidas, 2018). Por otro lado, en el contexto cubano, se ha implementado la Tarea Vida, que no es más que el “Plan de Estado para el enfrentamiento al cambio climático, sustentado sobre una base científica

multidisciplinaria” (Chape Paumier y Álvarez Díaz, 2019, p. 232), como un plan integral para hacer frente a los impactos del cambio climático y promover la adaptación y la resiliencia en los ecosistemas que componen la biodiversidad en el país.

La predicción casi puntual de la reducción de líneas costeras se ha convertido en una necesidad para la planificación y la toma de decisiones en estas áreas vulnerables. En este sentido, los avances en las tecnologías informáticas y computacionales, así como el surgimiento de herramientas conceptuales basadas en procesos semánticos, derivados de estos avances progresivos, como son las ontologías, ofrecen nuevas oportunidades para abordar este desafío de manera efectiva.

Las ontologías son representaciones formales del conocimiento que facilitan la captura, organización y gestión de información en dominios específicos. Para construir ontologías se necesita poder representar el conocimiento de forma tal que sea legible por los computadores, esté consensuado y sea reutilizable (Velásquez Pérez et al., 2011).

Su aplicación en el contexto de la predicción de líneas costeras ofrece un enfoque prometedor para integrar datos geoespaciales, información climática y conocimientos expertos en un modelo unificado. Esto permitirá una comprensión más completa de los factores que influyen en la reducción de líneas costeras y, en última instancia, la mejora de la precisión en las predicciones. Al integrar el conocimiento experto y la información climática en una ontología unificada, se espera mejorar la precisión en la predicción de los cambios en las líneas costeras.

Los resultados de esta investigación tendrán implicaciones significativas de aspecto novedoso para la planificación y la toma de decisiones en las comunidades costeras, así como para la mitigación y adaptación al cambio climático. Su objetivo es desarrollar un procedimiento basado en ontologías para predecir la reducción de líneas costeras.

DESARROLLO

Las zonas costeras, y en especial las playas, son la unión principal entre la tierra y el mar, siendo el escenario de infinidad de interacciones causadas por factores muy diversos, desde cambios producidos por la dinámica natural de la zona hasta los producidos por la constante actividad humana (...). (Sagristà Soler, 2020, párr. 1).

Las líneas costeras se refieren a las áreas de contacto entre la tierra y el mar, donde confluyen ecosistemas tanto costeros como terrestres y también se desarrollan ciertas actividades humanas. Su reducción es un fenómeno que implica la pérdida de terreno debido a procesos como la erosión, el aumento del nivel del mar y eventos climáticos extremos. Este proceso tiene implicaciones significativas para las comunidades asentadas cerca del mar, su infraestructura y los ecosistemas marinos.

En el contexto de la predicción de la reducción de líneas costeras, la web semántica desempeña un papel esencial por la novedosa forma en que propone dotar a la web actual de conocimiento mediante los datos enlazados.

Según plantea Perissé Claudio (2009), la web semántica proporciona un marco y estándares para organizar y estructurar la información de forma tal que muestre un significado dentro del entorno virtual, lo que facilita la integración y el intercambio de datos entre diferentes sistemas.

En este sentido actúa como interfaz que permite la interacción hombre-máquina, mediante la representación formal del conocimiento a través de lógicas descriptivas. Mediante el uso de las técnicas de la web semántica para conectar, exponer y usar datos es posible modelar y representar de manera precisa los diversos factores que influyen en la reducción de líneas de costa (Stuart Cárdenas et al., 2018).

La predicción de esta reducción ha sido objeto de estudios e investigaciones en los últimos años. Los enfoques utilizados varían, desde modelos físicos y numéricos hasta técnicas de aprendizaje automático y Sistemas de Información Geográfica (SIG). Estos estudios han buscado comprender los procesos de reducción de la línea de costa, evaluar los impactos del cambio climático y desarrollar modelos que puedan predecir con exactitud los posibles efectos en estas zonas.

Existen antecedentes relevantes en el ámbito de la predicción de la reducción de líneas costeras. La 'CoastalOntology' (<http://sweetontology.net/phenOceanCoastal>), se centra específicamente en los aspectos relacionados con las zonas costeras. Esta ontología proporciona una representación semántica de los conceptos clave relacionados con la reducción de líneas costeras y puede ser una opción adecuada para integrar en nuestro estudio.

Por otro lado, la '*ClimateChangeOntology*' (Schneegg, 2021) se enfoca en los aspectos del cambio climático y su impacto en el medio ambiente, incluyendo los efectos en las zonas costeras. Esta ontología es relevante para capturar la relación entre el cambio climático y la reducción de líneas costeras, así como permitir la integración de datos climáticos en la predicción. Además, la '*GeospatialOntology*' (Lieberman et al., 2007) se centra en los aspectos geospaciales y geográficos de los fenómenos naturales, lo cual puede ser de utilidad para capturar información geográfica relacionada con las líneas costeras, como la topografía, la batimetría y la ubicación geográfica. Estos antecedentes brindan una base sólida para el desarrollo de la ontología, permitiendo aprovechar y ampliar el conocimiento existente en el campo de la predicción de reducción de líneas costeras.

A pesar de los avances logrados por estas ontologías previas, se identifica la necesidad de una que integre de manera más completa y precisa todos los aspectos relevantes para la predicción en el área. La herramienta conceptual que se presenta en este estudio, combina y amplía los elementos clave de las ontologías precedentes mencionadas, incorporando nuevas relaciones y conceptos específicos identificados por la naturaleza propia que caracteriza el área costera del país, para lograr una representación integral y precisa del fenómeno en cuestión.

La novedad en la inserción de esta ontología radica en su capacidad para capturar de manera coherente y sistematizada los factores ambientales, las actividades humanas y otras interacciones no naturales que confluyen en la alteración del ecosistema propio de las áreas costeras; proporcionando así una base sólida para la predicción precisa de la reducción de la línea de costa, y cómo proceder en la toma de decisiones asociadas al enfrentamiento al cambio climático.

Los métodos tradicionales para predecir la reducción de líneas costeras incluyen el análisis estadístico de datos históricos, la modelación física de procesos de erosión, la estimación de tasas de erosión utilizando mediciones topográficas y el uso de modelos numéricos para simular el comportamiento costero. Estos métodos han proporcionado información valiosa sobre los cambios en esas áreas, pero también presentan limitaciones en términos de precisión a largo plazo, la capacidad de integración de múltiples fuentes de datos y la demora en el procesamiento y entrega de resultados.

Un enfoque basado en ontologías tiene el potencial de superar estas limitaciones al permitir la integración y gestión de datos multidisciplinarios, la representación precisa del conocimiento y la mejora a través de la automatización e informatización de esta actividad.

Las ontologías son fundamentales en la organización y estructuración del conocimiento en un dominio específico, especialmente en áreas como el desarrollo de sistemas de información, la web semántica y la inteligencia artificial. Sus estructuras proporcionan un vocabulario común, una descripción de los conceptos, las relaciones y las propiedades relevantes. Se caracterizan por su capacidad para capturar la semántica del dominio, su reutilización en diferentes contextos y su extensibilidad para adaptarse a nuevos conocimientos.

Tienen un papel fundamental en la ciencia y la tecnología, al facilitar la organización y la integración de información en diferentes disciplinas. Permiten establecer una base de conocimientos compartida, aumentando la interoperabilidad entre sistemas y promoviendo el intercambio de información. Además, son útiles para el razonamiento automático y la inferencia de nuevos conocimientos a partir de las relaciones definidas en el concepto (Castañeda Martínez et al., 2018).

Existen numerosos ejemplos exitosos de aplicaciones de ontologías en diferentes campos científicos y tecnológicos consultados dentro de la revisión bibliográfica. En la medicina, se han utilizado para organizar y relacionar información sobre síntomas, enfermedades y tratamientos, lo que ha mejorado el diagnóstico y la toma de decisiones clínicas. En la biología, han sido empleadas para describir y relacionar conceptos y datos sobre genes, proteínas y vías metabólicas, lo que ha facilitado la integración de información y el descubrimiento de nuevos conocimientos.

Su potencial en la predicción de la reducción de líneas costeras radica en la capacidad para integrar datos geoespaciales, información climática y conocimientos expertos en un modelo unificado. Al utilizarlas, es posible capturar y representar, de manera precisa, los diferentes factores que influyen en la reducción de líneas costeras, como la erosión, el aumento del nivel del mar y los eventos climáticos extremos. Esto permite una comprensión más completa de los procesos costeros y una mejora en la precisión de las predicciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trata de una investigación científica donde se exploran y describen los conceptos y relaciones relevantes en el dominio de las líneas costeras, a partir de la propuesta y desarrollo de una ontología para la predicción de este fenómeno.

Se han empleado métodos y técnicas de revisión bibliográfica para obtener información y antecedentes sobre la reducción de líneas costeras, las ontologías y su aplicación en este campo; ampliando el espectro de investigación y para adecuar técnicas, enfoques y dinámicas de gestiones ambientales que proyecten elementos comunes hacia la región.

La implementación de la ontología se hizo mediante la herramienta de código abierto Protege, usada para construir modelos de dominio basados en el conocimiento, disponible en <https://protege.stanford.edu>. La validación de la misma se ha realizado mediante pruebas y evaluaciones, comparando los resultados con datos reales y conocimientos expertos. Asimismo, se ha utilizado el enfoque semántico basado en *Resource Description Framework* para la representación formal de la ontología.

En el desarrollo de la ontología se ha considerado su integración con técnicas de modelado y simulación, aunque esta integración no se ha realizado en este estudio debido a limitaciones de recursos y datos disponibles. Se destaca la importancia de la ontología como una herramienta poderosa para representar y organizar el conocimiento relacionado con la reducción de líneas costeras, lo que conduce a una mejor evaluación y predicción de este fenómeno en la toma de decisiones.

Se mencionan limitaciones y recomendaciones para futuras investigaciones, como la ampliación de la ontología con más datos y conocimientos específicos, así como la exploración de técnicas de aprendizaje automático y análisis de datos para mejorar su precisión y capacidad predictiva.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La implementación de un procedimiento basado en ontologías, especializado en la predicción de la reducción de la línea de costa, resulta novedoso para Cuba, pues este tipo de actividad científica es incipiente en el contexto nacional. La planificación y despliegue de recursos investigativos en torno a este tipo de método, que a día de hoy se transforma en necesidad, requiere conocer cómo se comporta la producción

científica internacional si de gestión costera se trata, en aras de adaptar o modificar elementos comunes; representando así una oportunidad para generar conocimiento científico propio y transformar las prácticas existentes en materia de gestión ambiental para la toma de decisiones; traduciéndose en un elemento revolucionario que puede contribuir a la protección de las zonas vulnerables y al desarrollo sostenible del país.

La predicción de la reducción de líneas costeras en Cuba se transforma en objeto de estudio, destacando la escasa documentación e investigaciones previas sobre este tema en la literatura científica. A pesar de la importancia de las líneas costeras como parte de los ecosistemas, que a su vez son susceptibles al cambio climático, la gestión ambiental se ve delimitada ante la no presencia de métodos predictivos inteligentes en el contexto cubano, sin dejar pasar por alto la característica de isla que posee el país y la importancia de insertar procederes de esta índole que faciliten los procesos sustantivos y sustanciales que se ejecutan en los servicios ambientales. En este sentido, se hace evidente la urgencia de realizar una investigación íntegra y sistemática para desarrollar un método basado en ontologías que permita predecir con mayor precisión este fenómeno.

El tema que se propone presenta un enfoque innovador. El uso de ontologías y la web semántica abren nuevas posibilidades para capturar y representar, de manera más precisa, el conocimiento relacionado con el cambio climático y su impacto en estos ecosistemas. Al combinar datos geoespaciales con información contextual y semántica, esta perspectiva puede permitir una comprensión diferente de los procesos costeros y una capacidad mejorada para predecir las variaciones y modificaciones que experimentará el ecosistema en análisis.

La adopción de este sistema predictivo basado en ontologías para nuestro país, puede brindar valiosos aportes a la comunidad científica y a la toma de decisiones, impulsando la investigación y el desarrollo de estrategias adaptativas y de mitigación para la protección y gestión sostenible de las zonas costeras en el contexto del cambio climático.

¿Por qué introducir un método semántico basado en ontologías? ¿Son los SIGa capaces de gestionar un pronóstico de forma precisa?

Los Sistemas de Información Geográfica son ampliamente utilizados en el campo de la cartografía y el análisis espacial. Proporcionan una gama de herramientas y funcionalidades para la captura, visualización, análisis y edición de datos geoespaciales. Constituyen herramientas maduras y estables con una gran comunidad de usuarios, significando esto la existencia de recursos, tutoriales y complementos disponibles. Son altamente personalizables y compatibles con una amplia variedad de formatos de datos geoespaciales, lo que facilita la integración con otros sistemas y fuentes de datos.

Permiten realizar análisis espaciales avanzados, como superposición de capas, análisis de proximidad y modelado de terrenos. Sin embargo, en términos de predicción y modelado de las variaciones y modificaciones causadas por el cambio climático, pueden requerir la integración de complementos y la implementación de técnicas adicionales.

La inserción de una herramienta semántica sustentada en ontologías, operable desde un entorno web, permite la representación estructurada y enriquecida de datos geoespaciales. Responde a la necesidad inmediata de contar con recursos que presenten un resultado prácticamente certero en un lapso de tiempo corto. La web semántica proporciona un marco para describir, integrar y razonar sobre estos, lo que facilita el análisis predictivo y modelado de escenarios futuros ante las variaciones del espacio terrestre causadas por los efectos del cambio climático.

Como resultado de estos análisis, en la presente investigación se desarrolla un método predictivo basado en ontologías, como soporte en la gestión costera del centro de servicios ambientales de Sancti Spíritus. Este permite la interoperabilidad de los datos al estar enlazados, apoya la toma de decisiones para la reducción de riesgos y su capacidad de adaptación favorece la integración con otros sistemas predictivos.

Diseño metodológico propuesto para desarrollar la ontología.

1. Definición de objetivos y alcance:
 - Establecer claramente los objetivos para predecir, de manera precisa, la reducción de líneas costeras.
 - Delimitar el alcance de la ontología, identificando los conceptos y las relaciones específicas que se abordarán en el modelo.

2. Investigación y revisión bibliográfica:
 - Realizar una investigación exhaustiva sobre el dominio de la reducción de líneas costeras, incluyendo los factores ambientales, las actividades humanas y las interacciones relevantes.
 - Revisar la literatura existente sobre ontologías para identificar conceptos, propiedades y relaciones relevantes que puedan ser incorporados en la propuesta.
3. Diseño conceptual:
 - Definir las clases principales y subclases que representarán los conceptos clave en la ontología, como 'Actividad_Humana', 'Área_Costera', 'Factor_Ambiental' y 'Predicción'.
 - Establecer las propiedades y las relaciones entre las clases, como 'Afecta Área Costera', 'Llevada a Cabo en Área Costera' y 'Tiene Predicción'.
4. Desarrollo de la estructura ontológica:
 - Utilizar un lenguaje ontológico como RDF o OWL que la presente formalmente.
 - Utilizar una herramienta ontológica como Protégé para trabajar en la creación y la gestión de la ontología.
 - Definir las clases, las propiedades y las relaciones, utilizando la estructura y las jerarquías establecidas en el diseño conceptual.
5. Adquisición y preparación de datos:
 - Identificar fuentes de datos relevantes, como mediciones históricas de líneas costeras, datos ambientales y otra información relacionada con el dominio.
 - Recopilar y preparar los datos para su integración en la ontología, asegurándose de que sean coherentes y estén en formato adecuado.
6. Implementación de la ontología:
 - Crear instancias específicas para representar casos concretos relacionados con la reducción de líneas costeras, utilizando las clases y las propiedades definidas en la ontología.
 - Realizar iteraciones y ajustes en la ontología según sea necesario, garantizando que refleje, de manera precisa y completa, el conocimiento y los datos relevantes.

7. Validación y verificación:

- Validar la ontología mediante pruebas y evaluaciones para garantizar su calidad y precisión.
- Verificar la coherencia interna de la ontología y su capacidad para representar, de manera adecuada, los conceptos y las relaciones en el dominio real.
- Comparar los resultados de la ontología con datos reales y conocimientos expertos, para evaluar su precisión y confiabilidad.

8. Documentación y mantenimiento:

- Documentar detalladamente la ontología desarrollada, incluyendo su estructura, conceptos, propiedades y relaciones, favoreciéndose la continuidad de estudios posteriores.
- Establecer un plan de mantenimiento para realizar actualizaciones y mejoras, a medida que se disponga de nuevos datos y conocimiento.

La figura 1 muestra las clases principales, sus atributos y las relaciones semánticas que las vinculan. Cada nodo en la interfaz representa una entidad o concepto relevante, y las aristas indican las asociaciones entre ellos.

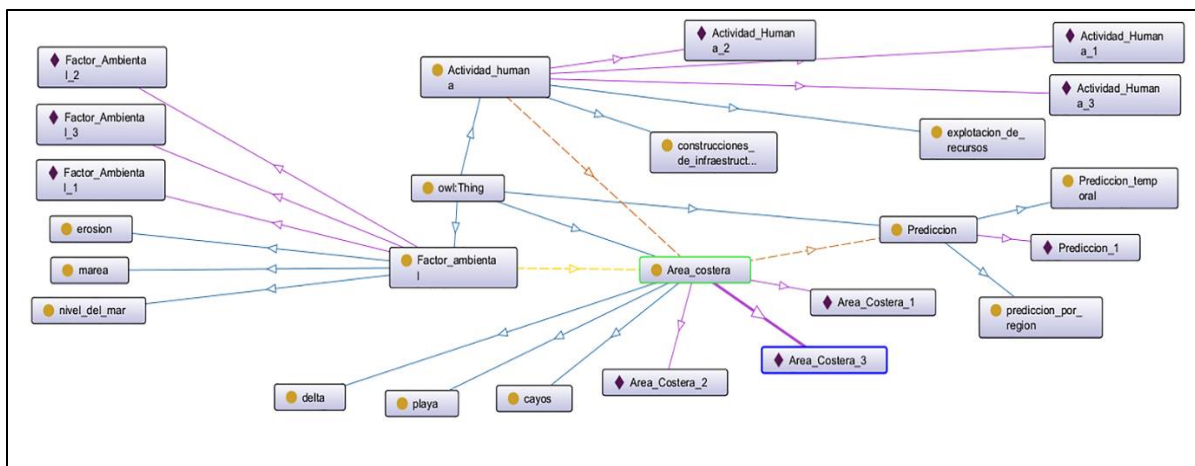


Figura 1. Interfaz de la propuesta ontológica que refleja la relación entre las clases y procesos involucrados.

Descripción de la implementación del modelo ontológico.

La herramienta conceptual desarrollada se implementó utilizando un enfoque semántico, basado en el uso de un lenguaje ontológico como RDF (Resource

Description Framework) o OWL (Web Ontology Language), que permiten representar y relacionar, de manera estructurada, los conceptos relevantes en la predicción de la reducción de líneas costeras.

La elección del lenguaje de ontología estuvo condicionada por la perspectiva semántica con la cual se presentaron los requisitos específicos del proyecto y de las capacidades de las herramientas utilizadas. En este caso, se utilizó un lenguaje de ontología compatible con la herramienta seleccionada: Protégé, que es ampliamente utilizada en la comunidad de desarrollo.

Proporciona una interfaz gráfica intuitiva y funciones avanzadas para crear y editar clases, propiedades y relaciones en la ontología. Además, permite la importación y exportación de ontologías en diferentes formatos, lo que facilita la interoperabilidad y el intercambio de herramientas conceptuales entre diferentes sistemas y aplicaciones (Pernisch et al., 2020).

Durante la implementación de la ontología se siguieron buenas prácticas, como el uso de clases, subclases y propiedades adecuadas para representar los conceptos y las relaciones específicas de la predicción de reducción de líneas costeras. Se realizaron iteraciones y revisiones para garantizar la coherencia interna y la adecuación de la ontología a los objetivos de la investigación.

Además, son considerados los estándares y las recomendaciones ontológicas más relevantes, como las especificaciones del *World Wide Web Consortium* (<https://www.w3.org>), para asegurar la calidad y la interoperabilidad de la ontología desarrollada. Se revisaron y adoptaron las mejores prácticas de diseño ontológico para garantizar una estructura clara y comprensible, y se utilizaron etiquetas y anotaciones del lenguaje natural para proporcionar información descriptiva sobre los conceptos y las propiedades definidas en la ontología.

La implementación de la ontología también incluyó la definición de instancias específicas para representar casos o ejemplos concretos relacionados con la reducción de líneas costeras. Estas instancias se crearon siguiendo las estructuras y las relaciones establecidas en la ontología, lo que permitió una representación más precisa y detallada de los fenómenos y las situaciones relevantes.

Resultados de la implementación

El Centro de Servicios Ambientales de Sancti Spíritus realiza investigaciones y presta servicios científicos tecnológicos especializados, destinados a garantizar la preservación del medio ambiente, incluyendo los de consultoría y los de estudio de impacto ambiental.

La implementación de un método basado en ontologías, para predecir la erosión costera, representa un aporte novedoso y significativo en la gestión y conservación de los recursos costeros en esta región, ya que ofrece una serie de beneficios y ventajas, que pueden marcar una diferencia sustancial en la capacidad del Centro de Servicios Ambientales de Sancti Spíritus, para abordar el desafío de la erosión costera de manera efectiva.

En primer lugar, la adopción de este método pone al Centro en una posición de vanguardia en términos de tecnología y enfoque científico. La aplicación de ontologías en la predicción de la erosión costera representa una metodología avanzada y precisa que puede ayudar a comprender mejor este fenómeno y anticipar sus efectos en la región, tal y como se muestra en la figura 2.

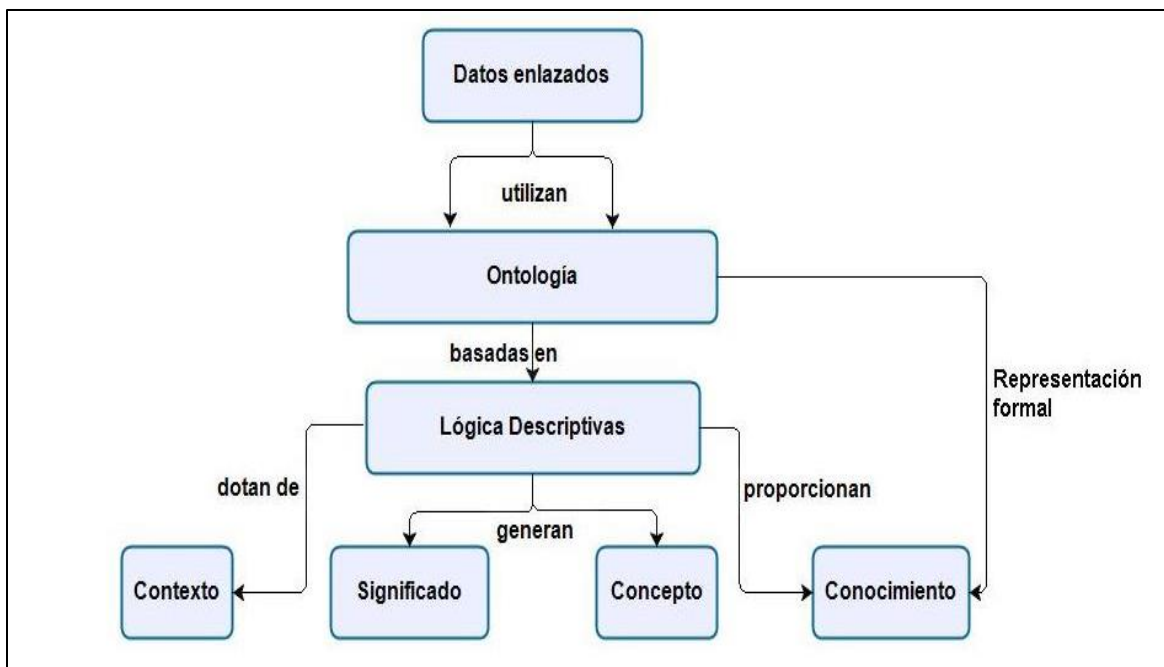


Figura 2. La ontología es una forma de representación del conocimiento que garantiza la comunicación entre el hombre y la máquina de aprendizaje.

Uno de los aspectos más destacados de esta implementación es la mejora en la precisión de las predicciones. Al utilizar ontologías para representar y relacionar los factores clave que influyen en la erosión costera, la institución puede lograr modelos predictivos confiables y detallados. Esto no solo permite una mejor comprensión de la situación actual, sino que también facilita la planificación a largo plazo y la toma de decisiones informadas.

Además, la implementación de este método fortalece la capacidad de cooperación interinstitucional. La ontología proporciona un lenguaje común que puede ser compartido con otras organizaciones y expertos en el campo de la gestión costera y la meteorología; esto fomenta la colaboración multidisciplinaria y la integración de datos y conocimientos de diversas fuentes.

Un beneficio adicional es la adaptabilidad de este enfoque. Las ontologías pueden ser actualizadas y extendidas con relativa facilidad, a medida que se obtiene nueva información y se desarrollan nuevos modelos. Esto significa que el Centro de Servicios Ambientales puede mantenerse al día con los avances en la comprensión de la erosión costera y ajustar su enfoque en consecuencia.

Limitaciones y recomendaciones para futuras investigaciones

Es importante mencionar que la implementación de la ontología en Protégé tiene limitaciones. En este caso, no se pudo realizar una integración con técnicas de modelado y simulación debido a las carencias de recursos y datos disponibles; sin embargo esto representa, de manera trascendental, un punto de partida para futuras investigaciones en las que se pueda explorar la integración de la ontología con otras herramientas y técnicas.

En cuanto a las recomendaciones para futuras investigaciones, se sugiere ampliar, actualizar y enriquecer la ontología con nuevos datos y conocimientos específicos del dominio “reducción de líneas costeras”; además, se pueden explorar técnicas de aprendizaje automático y análisis de datos para mejorar la precisión y la capacidad predictiva de la ontología.

CONCLUSIONES

En este estudio se abordó la predicción de la reducción de líneas costeras mediante un enfoque basado en ontologías, lo que ha permitido su diseño e implementación con la herramienta Protégé, en el contexto local de Yaguajay.

El procedimiento desarrollado demostró ser efectivo para capturar y representar el conocimiento relacionado con los factores ambientales y las interacciones que influyen en este fenómeno. Las predicciones precisas y confiables generadas a partir de la propuesta, contribuyen a la implementación de estrategias, por parte de las autoridades locales, para la reducción de riesgos y la protección de comunidades vulnerables ante eventos meteorológicos ocasionados por los efectos del cambio climático en el municipio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Castañeda Martínez, A., Parker Leyva, C., Fernández Pérez, Y. y López Rodríguez, Y. A. (2018). Ontología de apoyo a las pruebas de software en la UCI. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 12(Especial), 222-235. <http://scielo.sld.cu/pdf/rcci/v12s1/rcci16518.pdf>
- Chape Paumier, R. y Álvarez Díaz, M. B. (2019). Proyecto de educación geográfica y tarea vida. Su impacto educativo ante el cambio climático. *Conrado*, 15(68), 230-237. <http://scielo.sld.cu/pdf/rc/v15n68/1990-8644-rc-15-68-230.pdf>
- Jori, G. (2009). El cambio climático como problema y el diálogo social como solución. *Investigaciones Geográficas*, (Especial 48), 125-160. <https://www.redalyc.org/pdf/176/17620925005.pdf>
- Lieberman, J., Singh, R. & Goad, Ch. (2007). *Geospatial Ontologies* [Informe]. <https://www.w3.org/2005/Incubator/geo/XGR-geo-ont-20071023/>
- Meucci, A., Young, I. R., Hemer, M., Kirezci, E. & Ranasinghe, R. (2020). Projected 21st century changes in extreme wind-wave events. *Science advances*, 6(24), eaaz7295. <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aaz7295>
- Naciones Unidas. (2018). *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*. CEPAL. https://www.agci.cl/images/centro_documentacion/AGENDA_2030_y_los_ODS.pdf

- Perissé, M. C. (2009). *Gestión del conocimiento: estructuración de la información científica para la web semántica* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Matanza]. <https://repositoriocyt.unlam.edu.ar/bitstream/123456789/363/1/MI-Perisse.pdf>
- Pernisch, R., Serbak, M., Dell'Aglio, D. & Bernstein, A. (2 de noviembre de 2020). *ChImp: Visualizing ontology changes and their impact in protégé* [Ponencia]. Fifth International Workshop on Visualization and Interaction for Ontologies and Linked Data (VOILA 2020), Athens, Greece. <https://ceur-ws.org/Vol-2778/paper5.pdf>
- Sagristà Soler, E. (2020). *Aplicación de herramientas de gestión por ecosistema para su uso en la gestión integrada de zonas costeras (GIZC): El caso del delta de la Tordera y la playa de S'Abanell (Blanes)* [Tesis de Doctorado, Universitat de Barcelona]. <https://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/176787>
- Schnegg, M. (2021). Ontologies of climate change: Reconciling indigenous and scientific explanations for the lack of rain in Namibia. *American Ethnologist*, 48(3), 260-273. <https://anthrosource.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/amet.13028>
- Sparrow, M. (2021). El estudio del clima y los océanos: El Programa Mundial de Investigaciones Climáticas. *Boletín de la OMM*, 70(1), 29-35. https://repositorio.aemet.es/bitstream/20.500.11765/13816/1/Boletin_OMM-70_1%289%29.pdf
- Stuart Cárdenas, M. L., Prieto del Rio, D. R., Delgado Fernández, T. y Delgado Fernández, M. (2018). Enfoque de integración basado en datos enlazados empresariales. *APyE. Revista Cubana de Administración Pública y Empresarial*, 2(3), 268-279. https://www.researchgate.net/publication/330715887_ENFOQUE_DE_INTEGRACION_BASADO_EN_DATOS_ENLAZADOS_EMPRESARIALESAPPROACH_OF_INTEGRATION_BASED_ON_LINKED_ENTERPRISE_DATA
- Velásquez Pérez, T., Velásquez Puentes, A. M. y Guzmán Luna, J. A. (2011). Ontologías: Una técnica de representación de conocimiento. *Revista Avances en Sistemas e Informática*, 8(2), 211-216. <https://www.redalyc.org/pdf/1331/133119867021.pdf>

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores:

Y.H.B.: Redacción del artículo.

L.M.A.: Elaboración de la ontología en la herramienta Protégé. Revisión bibliográfica y aporte de información de bases de datos.

Márgenes publica sus artículos bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

