

Middleware Reflexivo para la gestión de Aprendizajes Conectivistas en Ecologías de Conocimientos (eco-conectivismo)

Reflective Middleware for Managing Learning Connectivism in Knowledge Ecologies (eco-Connectivism)

Jose Aguilar y Diego Mosquera

Resumen— En este artículo se propone la arquitectura de un Middleware Reflexivo basado en computación autónoma, cuyo objetivo es gestionar un ambiente conectivista de aprendizaje, modelado bajo el paradigma de las ecologías del conocimiento. El Middleware es capaz de monitorear el ambiente que consiste de un conjunto de Entornos Personales de Aprendizaje que son percibidos como objetos auto-organizados que forman ecosistemas. La evolución del proceso de aprendizaje depende del análisis del comportamiento Web de los aprendices, y de un esquema de supervivencia ecológica que promueve las relaciones sociales, diversidad y tolerancia en un dominio de conocimiento socializado. El middleware utiliza minería web de uso para caracterizar el comportamiento del aprendiz, técnicas de agrupamiento para los ecosistemas de aprendizaje, y un sistema recomendador cognitivo-colaborativo para el proceso de auto-adaptación de las estrategias de aprendizaje.

Palabras clave— Clustering (agrupamiento), Conectivismo, Ecología de Conocimiento, Entorno Personal de Aprendizaje, Middleware Reflexivo, Minería Web, Sistemas de Recomendación.

Abstract— This article describes the architecture of a reflective middleware based on autonomic computing, with the goal of managing a connectionist learning environment, modeled following the paradigm of knowledge ecologies. The middleware is able to monitor the environment consisting of a set of personal learning environments that are perceived as self-organized objects forming ecosystems. The evolution of the learning process depends on the analysis of web behavior of students, and the ecological survival scheme that promotes social relations, diversity and tolerance in socialized domain knowledge. The middleware uses web mining to characterize the behavior of the student, clustering techniques for the learning ecosystems, and a cognitive-colaborative recommender system for self-adaptation process of

learning strategies.

Index Terms— Clustering, Connectivism, Ecology of Knowledge, Personal Learning Environment, Reflective Middleware, Web Mining, Recommendation Systems.

I. INTRODUCTION

LAS Tecnologías de Información y Comunicación (TICs), en especial, las relacionadas con la Web social y la Web inteligente, han traído consigo una revolución en la educación, en cuanto han transformado el concepto de aprendizaje, para adaptarlo a nuevas estructuras cognitivas tanto individuales como colectivas. Por otro lado, el cúmulo de Información que se precisa en Internet, las comunidades especializadas, los repositorios de contenidos, los servicios para publicación de conocimiento especializado, y las múltiples herramientas de cooperación, han puesto de manifiesto nuevos esquemas de aprendizaje, donde las relaciones sociales, la interacción y la auto-organización son las principales propiedades del proceso. A estos nuevos espacios, y por sus propiedades emergentes, se les denomina ecología del conocimiento.

En este sentido, han surgido diversas propuestas en las que se mezclan planteamientos conocidos, como el constructivismo y la teoría de la complejidad, para capturar el efecto que las TICs han tenido sobre el aprendizaje, y con ello intentar formular descripciones precisas de los procesos de aprendizaje cuando éstos son mediados por las tecnologías. Ejemplos de estas propuestas son: aprendizaje rizomático, la heutagogía, la paragogía, la pedagogía de la proximidad y el conectivismo. No obstante, al intentar caracterizar medios computacionales de

Dr. Aguilar ha sido parcialmente financiado por el Proyecto Prometeo del Ministerio de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación de la República de Ecuador).

J.A. Universidad de Los Andes, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería de Sistemas, CEMISID, Mérida, E-mail: aguilar@ula.ve. Además,

J. A. actualmente es Investigador Prometeo en la Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador.

Diego Mosquera. is professor at the Department of Science and Technology in the Universidad Nacional Experimental de Guayana, UNEG, Venezuela.

gestión para este tipo de entornos, surgen serios problemas de completitud en las propuestas. Por ejemplo, tanto la heurística como la paralogía limita el contexto de aprendizaje a clases de individuos; el aprendizaje rizomático y el conectivismo no definen métodos ni modelos para medir y validar el aprendizaje (calidad de las conexiones); el conectivismo se propone como una teoría de aprendizaje, cuando realmente carece de varios elementos propios del diseño de teorías.

Sin embargo, al combinar el concepto de ecología de conocimiento con el fundamento teórico del conectivismo, es posible encontrar un acoplamiento entre el modelo abstracto descrito por las teorías de aprendizaje, y un modelo computacional que gestione el proceso incluyendo, mecanismos de validación.

El paradigma de ecologías del conocimiento se basa en el estudio y análisis de las interacciones sociales que se producen en un entorno de aprendizaje emergente en relación con la información, las tecnologías, la generación del conocimiento y el ambiente que lo rodea [1]. Estos entornos de aprendizaje pueden ser explicados en el marco epistemológico del conectivismo, y guiado pedagógicamente por una dinámica evolutiva estrechamente relacionada con el concepto de ecología [1].

Asimismo, las ciencias computacionales ofrecen diversas metodologías y herramientas que pueden ser utilizadas para caracterizar el proceso de aprendizaje conectivista que se produce en una ecología de conocimiento [2]. Por ejemplo, la minería web de uso permite el descubrimiento automático de patrones de comportamiento o uso de servicios de los internautas en la Web [3]. Igualmente, los algoritmos de agrupamiento facilitan asociar elementos de acuerdo a criterios de distancia o similitud [2, 3]. Finalmente, los sistemas de recomendación permiten el filtrado de información basado en criterios de acercamiento [4].

El objetivo de este artículo es proponer un esquema de integración de un modelo de aprendizaje conectivista, con técnicas propias de las ciencias de la computación (por ejemplo, minería semántica y de datos), para modelar la dinámica que se produce en una ecología de conocimiento integrada por Entornos Personales de Aprendizaje (o PLEs, por sus siglas en inglés) [5].

En particular, la minería web de uso es utilizada para monitorear y analizar la actividad de los aprendices, de tal forma que se pueda conocer su patrón de comportamiento. El resultado de este análisis permitirá caracterizar (tipificar) al individuo conforme a ese patrón de aprendizaje. El agrupamiento permite asociar/agrupar a los aprendices de acuerdo a los resultados obtenidos en el proceso de tipificación apoyada en la dinámica pedagógica propia de la teoría de aprendizaje conectivista. Con esta información es posible definir ecosistemas de PLEs y así planificar rutas de aprendizaje, en función a las necesidades pedagógicas particulares de cada grupo. Durante el proceso de aprendizaje, se calcula la tasa de renovación ecológica para cada ecosistema, la cual es función de las conexiones entre PLEs que se generan como parte del comportamiento social y colaborativo de los aprendices. Aquellos ecosistemas con tasas de renovación bajas (de acuerdo a un umbral predefinido) desaparecen de la

ecología. Cuando un ecosistema se elimina, el conjunto de PLEs involucrados deben reinsertarse en aquellos ecosistemas que agrupan los PLEs con características similares. Luego un sistema recomendador híbrido (cognitivo-colaborativo) interpreta cómo ciertas características de determinados recursos digitales cumplen con las necesidades de reinserción del aprendiz, basándose en la utilidad que estos recursos han tenido sobre los aprendices incluidos en el ecosistema receptor.

La estructura del artículo es la siguiente: La sección 2 presenta el marco teórico con material referencial relacionado con los paradigmas y teorías de aprendizaje en uso; las tecnologías computacionales de la Web y los middlewares reflexivos autónomos. La sección 3 describe el método utilizado para la especificación del middleware de acuerdo al alcance actual de la investigación propuesta en este artículo. La sección 4 presenta el diseño funcional de la arquitectura. Finalmente, en la sección 5 se precisan las conclusiones y los trabajos futuros.

II. MARCO TEÓRICO

A. *Ecologías de conocimiento, aprendizaje conectivista y Entornos Personales de Aprendizaje*

El paradigma de ecologías del conocimiento se basa en el estudio y análisis de las interacciones sociales que se producen en un entorno de aprendizaje emergente en relación con la información, las tecnologías, la generación del conocimiento y el ambiente que lo rodea [1]. Una ecología del conocimiento es un conjunto de Redes Personales de Aprendizaje (PLNs, por sus siglas en inglés) interrelacionadas, que forman un sistema complejo con entidades auto-organizadas y propiedades emergentes [5]. Una PLN conforma el hogar del conocimiento y la identidad del aprendiz individual, representado por un repertorio adaptativo de herramientas sociales, procesos mentales y actividades para compartir, reflexionar, discutir y reconstruir con otros el conocimiento; además de las actitudes que propician y nutren ese intercambio [6]. En una ecología del conocimiento, el aprendizaje es consecuencia de la extensión de las PLNs con nuevos nodos de conocimiento. Es importante destacar las PLNs forman parte de una estructura mayor denominada Entorno Personal de Aprendizaje (PLE, por sus siglas en inglés) [5, 6].

Un PLE se define como el conjunto de herramientas, fuentes de información, conexiones y actividades que cada individuo utiliza de forma asidua para aprender. Un PLE tiene tres componentes: 1) fuentes documentales y experienciales; 2) medios de reflexión; y 3) medios de interacción. Cada componente del PLE tiene asociado un conjunto de herramientas, mecanismos de aplicación y actividades de aprendizaje [5].

El conectivismo es una teoría de aprendizaje emergente que busca dar respuesta a la influencia que ha tenido la tecnología en aprendizaje [7]. El conectivismo pretende explorar y explotar los procesos metacognitivos del ser humano, combinando los objetivos tradicionales del aprendizaje “saber ser” (actitud), “saber cómo hacer” (métodos) y “saber qué hacer” (contenidos), con estrategias de autoregulación como “saber dónde buscar” y “saber transformar” acorde a estilos de aprendizaje [5, 7]. Para el conectivismo, lo importante ya no es la adquisición de gran cantidad de conocimientos, sino la

capacidad de adaptación a un mundo en constante cambio y las estrategias metacognitivas para transformar el conocimiento. Esto último basado en la premisa de que las conexiones proporcionan mejores resultados que el intento de comprender los conceptos de manera individual [7]. Para el conectivismo, el aprendizaje es visto como un proceso emergente de construcción de redes especializadas en un entorno diverso y complejo [1]. Epistemológicamente, el conectivismo tiene sus bases en el conocimiento socialmente distribuido y la actividad situada [8], basado en la percepción de que nadie posee todo el conocimiento necesario y que, por el contrario, éste se encuentra distribuido entre aquellos que poseen objetivos comunes; el aprendizaje es logrado cuando se establecen conexiones entre entidades especializadas. Un aspecto importante que introduce el conectivismo es el de patrones en aprendizaje como la base de la formación [7, 1]. En términos específicos, una teoría conectivista debe incorporar las estrategias necesarias para generar, en los individuos, habilidades de reconocer conexiones entre áreas, ideas y conceptos; al mismo tiempo de proporcionar las estrategias de transformación del conocimiento para que éste se mantenga preciso y actualizado [1].

B. Tecnologías Computacionales de la Web

En este trabajo se propone el uso de varias técnicas del área de las tecnologías Web para el desarrollo de la plataforma. En particular es de interés la minería web de uso, las técnicas de minería de datos de agrupamiento y los sistemas recomendadores.

- La *minería web* de uso es un tipo de minería Web que utiliza algoritmos de minería de datos y semántica con el objetivo de descubrir patrones conductistas de la actividad y comportamiento de los usuarios, relacionados con la navegación Web en Internet [3]. Tal como se puede observar en la Figura 1, la minería Web de uso abarca cuatro etapas:

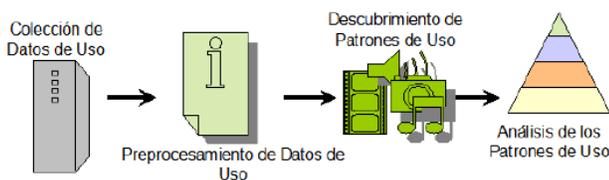


Figura 1: Etapas de la Minería Web de uso

La etapa de colección de datos de uso está relacionada con los datos que pueden ser extraídos de los registros (logs) de los dispositivos físicos: servidores Web, servidores proxy y máquinas de usuarios; además de la información que se obtiene de las estructuras que forman los enlaces hipertexto en las páginas Web. El preprocesamiento de datos de uso lleva a cabo el procesamiento inicial de los archivos logs capturados en la fase anterior; y el objetivo principal es el filtrado de la información y la generación de unidades lógicas por sesiones de usuario. En la etapa de descubrimiento de datos de uso se caracterizan los patrones; en esta fase normalmente se utilizan las técnicas de análisis

en la minería de datos. Finalmente, en la etapa de análisis de patrones de uso se filtran las reglas y patrones de interés.

- El *agrupamiento* consiste en definir grupos de objetos de acuerdo a las propiedades comunes que comparten [2]. El conocimiento de los grupos permite una descripción sintética del conjunto basados en datos multidimensionales complejos, que se consiguen sustituyendo la descripción de todos los elementos de un grupo por un representante característico del mismo (a veces llamado centroide) [2, 3]. Existen diversas técnicas para aplicar un procedimiento de clustering; algunas basadas en agrupamiento jerárquico como NTREE, y otras en agrupamiento no-jerárquico como K-MEANS, centroides SOM o redes de Kohonen [3].
- Los *sistemas recomendadores* son un tipo específico de técnica de filtrado de información Web que se basan en emparejar distintos tipos de temas/ítems/etc. de acuerdo a los intereses de un usuario particular. Generalmente un sistema recomendador compara el perfil del usuario con características de referencias de los temas, y predice la ponderación que un usuario le daría a un ítem que aún no ha sido considerado. Los sistemas recomendadores tienen diversas aplicaciones en Internet: 1) en e-comercio para ofrecer servicios personalizados al cliente; 2) en los buscadores de páginas web para filtrar la información; 3) en las bibliotecas digitales para ayudar a encontrar los libros o artículos que se ajustan a las preferencias del usuario; entre otros. Existen diversas estrategias para caracterizar sistemas de recomendación, los cuales dependen de los objetivos de la aplicación: 1) recomendación colaborativa, basada en el principio de popularidad entre los usuarios; 2) recomendación de contenido, que usa el principio de las preferencias del usuario; 3) recomendación en conocimiento, basado en el principio de las necesidades del usuario; y 4) híbridas, combinaciones de dos o más estrategias en un mismo sistema [4].

C. Middlewares Reflexivos y Computación Autónoma

Un middleware reflexivo es un sistema que actúa como capa intermedia entre aplicaciones y servicios, que tiene la habilidad de observar y cambiar su propio comportamiento a través de un proceso de auto-referencia y auto-conciencia. En general, la parte reflexiva de un middleware se implementa acoplando dos procesos [9]:

- **Introspección:** Habilidad para observar y sobre su propio estado de ejecución.
- **Intercepción:** Habilidad para modificar su propio estado de ejecución, o alterar su propia interpretación (o significado).

Un middleware reflexivo consiste de dos o más niveles de agregación:

- **Nivel base:** Donde se ejecutan las aplicaciones y funcionalidades propias del sistema.

- **Nivel meta:** Implementa la reflexividad y verifica que las operaciones del sistemas sean las requeridas o esperadas.

La computación autónoma es un modelo de auto-gestión inspirado en el sistema nervioso de los seres humanos. Este incorpora sensores y actuadores para observar el ambiente, razonar y actuar en consecuencia. Para modelar las propiedades autónomas de un sistema se introduce un modelo de referencia que integra los siguientes elementos [10]:

- **Elementos manejados:** Cualquier recurso (hardware o software) embebido en el sistema que tiene atributos que pueden ser auto-gestionados.
- **Sensores:** Colección de mecanismos de captación de información sobre los elementos manejados.
- **Manejador autónomo:** Implementa los lazos de control inteligentes que automatizan las tareas de autorregulación de las aplicaciones. Está compuesto por cuatro módulos que caracterizan el lazo de control autónomo: Monitoreo, Análisis, Planificación y Ejecución (MAPE). El módulo de monitoreo recolecta los eventos/datos de los sensores. El módulo de análisis identifica y examina las situaciones de interés. El módulo de planificación decide y organiza las tareas a realizar a partir de estados particulares del sistema y el conocimiento interno representado. El módulo de ejecución permite enviar los resultados obtenidos a los actuadores.
- **Actuadores:** Lleva a cabo los cambios en los elementos manejados.

III. ALCANCE Y MÉTODO

El alcance de este artículo es la especificación de una arquitectura de un Middleware Reflexivo basado en computación autónoma, cuyo objetivo es gestionar un ambiente conectivista de aprendizaje, modelado bajo el paradigma de las ecologías del conocimiento. Esto se logra cumpliendo tres fases:

1. Definición de las bases de un proceso de aprendizaje eco-conectivista.
2. Diseño de la arquitectura reflexiva autónoma.
3. Especificación de los diferentes componentes de la arquitectura.

En este sentido se utilizan dos marcos de referencia: 1) la reflexión computacional y sus niveles de introspección e intersección y 2) el modelo de referencia MAPE para la especificación de las propiedades autónomas del sistema.

Para caracterizar la dinámica de aprendizaje en cuanto a los momentos pedagógicos, se define un entorno de aprendizaje inspirado en las etapas de la sucesión ecológica y la biología de los ecosistemas. A este tipo de entorno lo denominamos eco-conectivismo.

IV. ARMAGAECO-C

Definimos el eco-conectivismo como un ambiente de aprendizaje conectivista sensible al contexto, gestionado por tecnologías computacionales, cuyo modelo pedagógico está inspirado en el concepto de sucesión ecológica. El eco-conectivismo es una extensión del conectivismo que define, de manera precisa, los momentos pedagógicos del aprendizaje como un proceso evolutivo y auto-adaptativo de PLEs usando conceptos provenientes de la ecología.

La ecología se define como la especialidad científica centrada en el estudio y análisis del vínculo entre los seres vivos y el entorno que los rodea, entendido como la combinación de los factores abióticos (como el clima y la geología) y factores bióticos (organismos que comparten el hábitat). La ecología también analiza la distribución y cantidad de organismos vivos como resultado de las mencionadas relaciones. En una ecología existen diversos conceptos que permiten la dinámica evolutiva; entre los cuales están:

- **Biocenosis:** conjunto de organismos de todas las especies que coexisten en un espacio definido llamado hábitat, que ofrece las condiciones ambientales necesarias para su supervivencia.
- **Ecosistema:** Es un sistema natural que está formado por un conjunto de organismos vivos y el medio físico donde se relacionan.
- **Hábitat:** Área de condiciones ambientales uniformes que provee espacio vital para que la especie pueda residir y reproducirse, perpetuando su presencia.
- **Biomasa:** Cantidad de materia acumulada en un individuo, población o ecosistema.
- **Tasa de renovación:** Es la relación que existe entre la producción y la biomasa. Sirve para indicar la riqueza de un ecosistema. Su valor es el cociente entre la producción neta y la biomasa.
- **Biodiversidad:** Se refiere a la amplia variedad de seres vivos sobre la Tierra y los patrones naturales que la conforman, resultado de años de evolución según procesos naturales.

El eco-conectivismo toma estos conceptos propios de la ecología y el de sucesión ecológica para caracterizar un sistema de gestión de servicios a procesos de aprendizaje conectivista llamado ARMAGAEco-c.

En el eco-conectivismo cada aprendiz real se asocia con un componente lógico que abstrae su PLE. Este conjunto de objetos define la biocenosis del modelo, cuyo hábitat está caracterizado por los objetivos y competencias de aprendizaje; que permanecen invariantes a lo largo de todo el proceso. Una vez conformado este conjunto de actores, entran en juego las características y condiciones comunes de supervivencia, las cuales se relacionan con las capacidades sociales de cada aprendiz. Esto permite la conformación de ecosistemas con hábitats particulares, cuyo agrupamiento depende tanto de un perfil de aprendizaje precalculado, como del número de interacciones entre los aprendices. Al tratarse de un proceso de

aprendizaje conectivista, estos dos factores de agrupamiento definen la biomasa del modelo.

Con esta asociación de conceptos definimos ARMAGAeco-c (Arquitectura Reflexiva con Multinivel de Autonomía para Gestión de Aprendizaje eco-Conectivista), un middleware reflexivo de comportamiento dinámico y auto-adaptativo, que permite caracterizar medios de gestión de servicios de aprendizaje en entornos eco-conectivistas. Los momentos pedagógicos de inicio y desarrollo son estados transitorios de aprendizaje que forman parte de un proceso cíclico que agrupa a los aprendices en clusters. Cada cluster es un conjunto de enlaces fuertes entre individuos (grupos con PLEs comunes y relacionados) que forma parte de la ecología. La ecología de conocimiento es representada por un conjunto de enlaces débiles entre clusters. Para lograr el aprendizaje conectivista, la dinámica evolutiva de la ecología debe responder a un proceso de reducción de clusters (buscando un entorno común cada vez más diverso y tolerante). La fase pedagógica de cierre se alcanza cuando es posible minimizar el número de clusters (idealmente uno) como función de los objetivos de aprendizaje y nivel de especialización.

ARMAGAeco-c se basa en la arquitectura multinivel clásica de los middlewares reflexivos, con tres niveles de agregación: un nivel base, donde se ejecutan las funcionalidades propias del sistema, y dos niveles meta para implementar las capacidades autónomas [13, 14]. La Figura 2 muestra la arquitectura de ARMAGAeco-c y las relaciones MAPE.

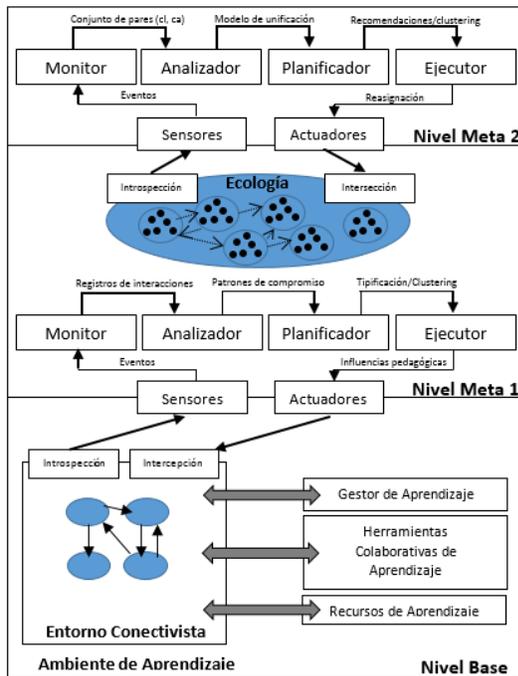


Figura 2: Arquitectura del Middleware

En el *nivel base* se encuentra el ambiente de aprendizaje (físico o virtual). Para cada aprendiz se instancia un componente lógico que representa su PLE. Inicialmente, los PLEs se construyen de acuerdo a un repertorio de reglas de asignación presentes en la base de conocimientos del Gestor de Aprendizaje (GA). Cada regla en el GA tiene la forma $A \rightarrow B$,

donde A se refiere al estilo de aprendizaje del estudiante, que es calculado por un servicio Web del sistema, y B es una conjunción que relaciona los ítems del PLE con recursos de aprendizaje.

La introspección del nivel base se hace analizando los atributos de los componentes lógicos en ejecución y del propio ambiente de aprendizaje (relaciones, objetivos, marco curricular, nivel de especialización, etc), los cuales definen una estructura abstracta (ecología), cuyos patrones comunes entre PLEs son agrupados a través de un proceso de agrupamiento. Para caracterizar el uso de esa estructura abstracta se utiliza un proceso de minería Web de uso que permite el descubrimiento de patrones conductistas de actividades y comportamiento de los aprendices. Toda esa información es usada por la técnica de agrupamiento para crear los clusters. Luego, el conjunto de ecosistemas (clusters) son interpretados por el middleware como una unidad lógica y distribuida denominada ecología del conocimiento.

El *nivel meta 1* del middleware tiene como objetivo caracterizar los nodos que definen los individuos y sus PLEs, para lo cual debe conocer las reglas evolutivas que definen y norman la supervivencia ecológica. La tabla 1 muestra los elementos MAPE en este nivel de reflexión:

Tabla 1: Elementos MAPE del primer nivel de reflexión

Componente MAPE	Rol en el sistema
Monitor	Inspecciona el entorno de aprendizaje y los eventos generados por los componentes lógicos presentes en el nivel base. El monitor implementa la primera y segunda etapa de un proceso de minería Web de uso, y emite señales de alerta al analizador para iniciar el proceso de descubrimiento de patrones.
Analizador	Analiza el comportamiento social del proceso de aprendizaje. Implementa la tercera etapa del proceso de minería Web de uso. El objetivo es llevar a cabo el análisis matemático de los datos para deducir patrones y tendencias de aprendizaje.
Planificador	Implementa la última etapa del proceso de minería Web de uso. Es el responsable de la tipificación de los aprendices de acuerdo a su patrón de comportamiento, y de establecer las reglas de asignación de recursos en el PLE de acuerdo a la evolución del aprendizaje. Para ambos procesos, el planificador dispone de un repertorio de reglas del tipo condición-acción, conocidas en MAPE como base de conocimiento.
Ejecutor	Es el responsable de llevar a cabo el plan pedagógico conectivista de acuerdo a los resultados obtenidos por el planificador. El ejecutor utiliza la base de conocimientos del Gestor de Aprendizaje para la asignación de recursos y, dependiendo del momento pedagógico del proceso de aprendizaje, utiliza el servicio Web para recalcular los estilos de aprendizaje.

La introspección del nivel meta 1 se hace analizando la ecología del conocimiento como una entidad completa.

Basado en ello el *nivel meta 2* hace una reflexión sobre la ecología de conocimiento que emerge del nivel meta 1, estudiando los clusters, sus grados de diversidad, etc; para lo cual utiliza la técnica de minería de datos de agrupamiento. En menos palabras, analiza el ambiente conectivista de aprendizaje y los niveles de especialización requeridos en el proceso de

aprendizaje que se está llevando a cabo (competencias a lograr, adquisición de conocimiento alcanzado, etc.). De esta manera, para cada cluster se calcula el potencial de supervivencia ecológica P_{ve} , cuyo valor es el cociente entre el número de enlaces débiles del cluster y el número de enlaces débiles en la ecología.

Sobre aquellos clusters que tienen la menor posibilidad de supervivencia, se activa un sistema recomendador híbrido (colaborativo y de conocimiento) que ayuda en la reubicación de los aprendices involucrados en el cluster más cercano, al mismo tiempo de ajustar el conjunto de recursos de aprendizaje. Para ello el sistema recomendador interpreta cómo ciertas características de determinados recursos digitales cumplen con las necesidades de reinserción del aprendiz, basándose en la utilidad que estos recursos han tenido sobre los aprendices incluidos en el ecosistema receptor. Ambos ajustes se deben relacionar con los PLEs. La tabla 2 muestra los elementos MAPE de este segundo nivel de reflexión de la arquitectura:

Tabla 2: Elementos MAPE del segundo nivel de reflexión

Componente MAPE	Rol en el sistema
Monitor	Hace seguimiento de los cambios producidos en la ecología de conocimiento en cuanto a los enlaces conectivistas débiles, a los PLE de los individuos, etc. Durante los momentos de aprendizaje, el monitor recolecta información sobre los ecosistemas (clusters) presentes en la ecología (nivel meta 1). Por cada ecosistema calcula el potencial de supervivencia ecológica P_{ve} y coloca una etiqueta de extinción a los ecosistemas con menores posibilidades de supervivencia. Luego, el monitor emite la señal de alerta correspondiente al analizador.
Analizador	Lleva a cabo una revisión de los PLEs involucrados en los ecosistemas etiquetados como “de extinción”. Después se encarga de calcular las medidas de similitud de cada PLE con los clusters (ecosistemas) no-etiquetados. Las medidas de similitud se calculan usando el “criterio del testigo más fuerte” (PLE de los ecosistemas no-etiquetados con mayor cantidad de conexiones fuertes). Por cada aprendiz, se calculan k medidas de similitud (donde k es el número de ecosistemas no-etiquetados de la ecología).
Planificador	Es el responsable de llevar a cabo la incorporación del aprendiz en un ecosistema no-etiquetado, de acuerdo a los cálculos de medidas de similitud. Es decir, se da un poco de agrupamiento. Además, el planificador utiliza su base de conocimientos para rehacer el PLE del aprendiz que viene de migrar, recomendando los nuevos recursos de aprendizaje que debe incorporar cada aprendiz a su PLE para poder ser incorporado al ecosistema más similar (al que viene de ser asignado).
Ejecutor	Es el responsable de ejecutar el plan de actualización: eliminación de clusters etiquetados, reasignación de individuos y actualización de los PLEs de los individuos involucrados.

V. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En este artículo se ha presentado la propuesta inicial de una arquitectura de un middleware reflexivo y autónomo llamada ARMAGAeco-c, que puede ser implementada para caracterizar

medios de gestión de servicios de aprendizaje en Internet. Este modelo explota un paradigma pedagógico que hemos llamado eco-conectivismo. Para ello, permite la creación de dinámicas de aprendizaje basadas en los principios teóricos del conectivismo para propiciar ambientes auto-organizados y auto-regulados de aprendizaje socializado sobre un dominio de conocimiento particular.

De esta manera, el concepto de eco-conectivismo, permite modelar el proceso de aprendizaje conectivista como una ecología “real”, donde se integran elementos como ecosistemas, sucesión ecológica, biomasa, tasa de renovación, entre otras. En ese sentido, ARMAGAeco-c posibilita ese ambiente eco-conectivista cuyos organismos presentes en la ecología son Entornos Personales de Aprendizaje que se adaptan a un sistema cada vez más diverso, cuya estabilidad depende del nivel de especialización deseado en un momento dado. De esta manera, de forma dinámica, explotando sus propiedades de auto-regulación y auto-organización, el sistema permite la emergencia de una ecología de aprendizaje adecuada a una temática deseada.

Finalmente, es importante destacar que en este artículo se presenta el diseño de ARMAGAeco-c, cuya fase de implementación y prueba se encuentra actualmente en proceso de desarrollo. En este sentido, se propone como trabajo futuro la publicación de las tecnologías computacionales utilizadas para su implementación, así como las pruebas y resultados de un prototipo experimental.

REFERENCES

- [1] G. Siemens, *Knowing knowledge*, Creative Commons, 2006.
- [2] A. Salem, «Intelligent Methodologies and Technologies for e-Learning,» *ICETA - 10th IEEE International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications*, pp. 331-337, 2012.



Jose Aguilar is a System Engineer graduated in 1987 from the Universidad de los Andes, Merida, Venezuela. M. Sc. degree in Computer Sciences in 1991 from the University Paul Sabatier-Toulouse-France. Ph. D degree in Computer Sciences in 1995 from the University Rene Descartes-Paris-France. He completed post-doctorate studies at the Department of Computer Science in the University of Houston, United States, between 1999 and 2000. Titular Professor at the Department of Computer Science in the Universidad de los Andes and researcher at the Microcomputer and Distributed Systems Center (CEMISID) at the same university. Member of the Mérida Science Academy and the International Technical Committee of the IEEE-CIS on Artificial Neural Networks.



Diego Mosquera is a System Engineer graduated in 2000 from de IUPSM, Venezuela. M.Sc. degree in Model and Simulation Systems from the Universidad de los Andes in 2005. Doctoral Student of Engineering Sciences from UNEXPO, Venezuela. Instructor Professor at the Department of Science and Tecnology in the Universidad de Guayana - UNEG and researcher at the Emergent Computation Center at the same university.

