



# MODELO CIENTÍFICO ESCOLAR DE ARRIBO COMO RUTA TEÓRICO-METODOLÓGICA PARA DISEÑAR Y VALIDAR SECUENCIAS DIDÁCTICAS: EL CASO DE LA NUTRICIÓN HUMANA

**MARÍA MERCEDES LÓPEZ GORDILLO**  
UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
[alopezm@upn.mx](mailto:alopezm@upn.mx).

**ÁNGEL DANIEL LÓPEZ Y MOTA**  
UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
[alopezm@upn.mx](mailto:alopezm@upn.mx).

## RESUMEN

Presentamos un ejemplo de cómo hacer funcional el constructo denominado 'Modelo Científico Escolar de Arribo' (MCEA) y concebido por uno de los autores; el cual fue pensado como una forma nueva de orientar el diseño y validación de secuencias de enseñanza y aprendizaje (SEA). Concepto que encuentra su fundamentación en la epistemología semanticista de Ronald Giere, quien considera a las teorías científicas como clases de modelos que buscan describir, explicar y predecir los fenómenos naturales. Esta perspectiva epistemológica, retomada desde la Didáctica de la Ciencia, ofrece a los estudiantes oportunidad de explicarse teóricamente (pensar mediante modelos) los fenómenos naturales de trascendencia educativa. Para la formulación del MCEA se identificó como fenómeno de estudio la obesidad infantil, el cual es posible describir, explicar y predecir a partir del modelo científico de nutrición humana, que a su vez hace parte del modelo de ser vivo. En la exposición se describe el procedimiento para establecerlo, a partir de diversas fuentes de información, expresadas en forma de modelos. Insistimos en el uso del MCEA como hipótesis directriz que guía el establecimiento de criterios de diseño y validación de SEAs.





**Palabras clave:** Modelos, secuencias didácticas, modelo científico escolar de arribo, nutrición humana.

## INTRODUCCIÓN

Se presenta una forma de hacer operativo el constructo 'Modelo Científico Escolar de Arribo' (MCEA), teniendo como fenómeno de referencia la obesidad infantil; la cual puede ser explicada a través del modelo de nutrición humana. Bosquejamos la fundamentación teórica del MCEA desde las dimensiones epistemológica y didáctica, así como la ruta metodológica para establecerlo en este caso particular.

Así, tenemos como propósito ejemplificar cómo el MCEA puede ofrecer orientaciones para el establecimiento de criterios de diseño y validación de SEAs.

## MARCO REFERENCIAL

La abundante literatura científica sobre ideas previas, comparada con la proporción de trabajos relacionados con el diseño y validación de secuencias de enseñanza y aprendizaje (SEA), demuestran la persistencia de las ideas previas sobre conocimientos reiteradamente enseñados y ponen en evidencia la escasa efectividad de la enseñanza para mejorar la comprensión de los fenómenos naturales por parte de los estudiantes.

Estos hallazgos, aunados a la compleja tarea de diseñar y validar SEAs, han derivado en productos de investigación en el campo. Entre los que destacan el análisis de la cuestión realizado por Martine Méheut y Dimitris Psillos (2004) y el trabajo de Digna Couso (2011), en los que se distinguen diferentes enfoques para su diseño, pero que no siempre proponen formas de validación. O bien, se utiliza la modalidad de pre-test y post-test, sin tener un punto de referencia a ser alcanzado y, con él comparar los resultados obtenidos.

En este sentido, creemos que el constructo MCEA tiene una ventaja didáctica como una hipótesis directriz de carácter dual, que al delimitar desde un inicio qué nos proponemos lograr con las acciones instrumentadas en clase, permite por un lado, orientar el establecimiento de criterios de diseño de la SEA y por otro, ofrece elementos para validar su eficacia, a partir de





contrastar -con cierto nivel de precisión- lo que uno se ha propuesto alcanzar frente a lo logrado en una situación de clase; en términos de modelos.

## REFERENTE TEÓRICO

La noción epistemológica de modelo y su uso en el ámbito didáctico ha llevado a configurar un referente teórico basado en modelos científicos, que engloba distintos ámbitos: epistemológico, teórico-didáctico y el de las SEAs (López-Mota y Moreno-Arcuri, 2014), el cual –desde nuestra perspectiva- ofrece un fundamento sólido para el MCEA por las siguientes razones:

Desde el ámbito epistemológico, se recuperan las aportaciones de Ronald Giere (2004) a la filosofía de la ciencia, que concibe los modelos como formas de representación científica para describir, explicar y predecir fenómenos naturales. Enfatiza la función semántica del lenguaje científico centrada en la representación, al relacionar entidades lingüísticas con el mundo, relación que puede explicitarse mediante diferentes sistemas simbólicos, incluidas las teorías científicas; las cuales son consideradas como conjuntos de modelos que representan la realidad.

Desde el ámbito teórico de la didáctica, se asumen las aportaciones de distinguidos didactas de la ciencia (Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo, 2003; Izquierdo, Espinet, García, Pujol, Sanmartí, 1999) para justificar las ventajas que representa el uso de los modelos -desde una visión semántica- en las clases de ciencias, en contraste con el aprendizaje de conceptos desvinculados de los fenómenos.

En particular, Izquierdo y otros (1999), al caracterizar la ciencia escolar sostienen que lo más importante es enseñar a los alumnos a pensar teóricamente (pensar mediante modelos), siempre y cuando los modelos teóricos que se presenten sean adecuados al ‘mundo’ de los estudiantes; es decir, tengan significado para ellos y estén en posibilidad de intentar describir, explicar, predecir los fenómenos e intervenir en ellos.

Desde el ámbito de las secuencias didácticas se aborda la visión que sobre modelo científico presentan Gutiérrez y Pintó (Referido en López-Mota y Moreno-Arcuri, 2014), quienes han impulsado la siguiente definición de modelo científico en función de sus características ontológicas y epistemológicas: “Un modelo científico es una representación de un sistema real o





conjeturado, consistente en un conjunto de objetos con sus propiedades más sobresalientes enlistadas y un conjunto de reglas que declaran el comportamiento de dichos objetos”.

Hemos considerado los objetos o entidades con sus propiedades como la ontología del sistema físico en estudio (nutrición humana) y a las relaciones y reglas de inferencia como su epistemología; ya que hacen posible la explicación del comportamiento del sistema y la predicción de futuros comportamientos.

El *MCEA* es el contenido científico escolar expresado en forma de modelo, y su formulación comprende los siguientes momentos: 1) Seleccionar el fenómeno a modelizar con valor educativo; 2) Homogeneizar la información proveniente de tres fuentes en forma de modelos y 3) Tensionar los tres modelos inferidos (*MEI*, *MCu* y *MCi*), para identificar similitudes, discrepancias, correspondencias y relaciones entre sus constituyentes (entidades, propiedades, relaciones y reglas de inferencia), para pronunciar su enunciación. A continuación se describe el procedimiento para construir el *MCEA* para el caso de la nutrición humana.

## **METODOLOGÍA**

### **Homogeneización de la información en forma de modelos**

Este proceso implicó considerar la información proveniente de: la manera de pensar de los estudiantes, los referentes curriculares y el conocimiento científico, lo que conlleva inferir el *Modelo Estudiantil Inicial* (*MEI*), derivar el *Modelo Curricular* (*MCu*), e identificar el *Modelo Científico* (*MCi*) que explica y predice el fenómeno en cuestión.

La inferencia del *MEI* se realizó a partir de las ideas previas reportadas en la literatura sobre las funciones involucradas en la nutrición humana: alimentación, digestión, respiración, circulación y excreción (Arnaudin & Mintzes, 1985; Banet y Núñez, 1988, 1989; Banet, 2001; Cubero, 1996.). León-Sánchez, Barrera, y Palafox, 2005; Manjón y Postigo, 2007; Teixeira, 2000, Tunnicliffe, 2004, entre otros).

El *MCu* se derivó del programa de Ciencias Naturales de tercer grado (SEP, 2011: 102) en el que se pretende que los alumnos:





- Argumenten la importancia del consumo diario de alimentos de los tres grupos representados en el Plato del Bien Comer y de agua simple potable para el crecimiento y el buen funcionamiento del cuerpo.
- Expliquen la interacción de los sistemas digestivo, circulatorio y excretor en la nutrición.

Con base en lo anterior, se eligió la obesidad infantil por su trascendencia educativa como fenómeno de referencia y el modelo de nutrición humana como el modelo científico que lo explica.

Finalmente, el M<sub>Ci</sub> de nutrición se delineó a partir de la literatura especializada (Mahan, Escott-Stump y Raymond, 2013; Benyon, 1998; Mora, 1992, entre otros).

### **Tensión entre modelos y postulación del MCEA**

Instaurados los tres modelos y expresados en una tabla, realizamos la comparación entre ellos, a partir de sus constituyentes. En este sentido resultó útil responder preguntas del tipo: ¿qué entidad está presente o no en tal o cual modelo?, ¿qué entidades interactúan en un determinado modelo?, ¿de qué naturaleza son esas interacciones?, ¿se cumple o no en el *MEI* y el *MCu* cierta regla de interacción presente en el modelo científico?; para decidir qué constituyentes integrarían el *MCEA*, y concretar su enunciación.

## **RESULTADOS**

En la tabla 1, presentamos el MCEA sobre nutrición humana, derivado del proceso descrito en el punto anterior. Esta formulación nos permite derivar criterios de diseño de la SEA, por ejemplo, al introducir las vellosidades intestinales como entidad, se explica la absorción de nutrimentos a la sangre y comprender de qué manera participan los sistemas digestivo y circulatorio en la nutrición humana, o la relación que se establece entre los nutrimentos y el oxígeno para comprender la importancia de la actividad física para prevenir la obesidad. O bien, comprender la propiedad que tienen los azúcares simples de ser convertidos en grasas, para poder inferir que si se rebasan los requerimientos energéticos por la ingesta excesiva de refrescos endulzados con azúcares simples se podría favorecer la obesidad. En cuanto a la validación de SEA, es importante diseñar los instrumentos de recopilación de datos, de tal manera que sean





distinguibles los constituyentes de los modelos construidos en clase para poder configurar el o los modelos logrados (ML) y poderlo (s) comparar con el MCEA y validar la SEA.

## CONCLUSIONES

La inclusión del MCEA en el diseño y validación de SEAs permite:

- Presuponer un modelo hipotético, a ser alcanzado por los estudiantes mediante una SEA, convirtiéndose en la hipótesis directriz que guía la construcción de modelos científicos escolares en condiciones de clase.
- Pronunciar objetivos, selección, secuenciación y graduación y tipo de actividades, así como formas e instrumentos de evaluación y la elección de herramientas mediadoras para el proceso de modelización.
- Distinguir qué entidad, interacción o regla es pertinente introducir, ampliar o inhibir durante la clase y en qué momento resulta más conveniente hacerlo.
- Trazar una ruta metodológica para diseñar, desarrollar la propia SEA y evaluar los resultados de su instrumentación.
- Sistematizar los datos –con relativa facilidad- al hacer comparaciones específicas entre los distintos modelos al momento de evaluar la construcción de conocimientos y en consecuencia, la efectividad de la SEA.





## TABLAS

**Tabla 1. Modelo Científico Escolar de Arribo sobre Nutrición Humana**

Fenómeno de referencia	La obesidad infantil vinculada con el sedentarismo y la ingesta de una dieta hipercalórica.		
Procesos fisiológicos involucrados	Digestión-absorción-circulación Finalidad: "Romper" los alimentos en sus componentes más sencillos para posibilitar su absorción y transporte a todos los órganos a través de la sangre.		
Constituyentes Ontológicos		Constituyentes Epistemológicos	
Entidades	Propiedades	Relaciones	Reglas de inferencia





<p>Alimentos</p> <p>Nutrimientos complejos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Almidones</li> <li>- Proteínas</li> <li>- Grasas</li> </ul> <p>Nutrimientos sencillos</p> <p>Azúcares sencillos</p> <p>Aminoácidos</p>	<p>Contienen nutrimentos (complejos y sencillos) y energía almacenada.</p> <p>Contienen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pequeños “bloques de construcción” para edificar y reparar el cuerpo.</li> <li>• Energía para funcionamiento y sobrevivencia del organismo.</li> </ul> <p>Capacidad para dividirse en pequeños “bloques de construcción”</p> <p>Sin previa digestión, no pueden absorberse ni aprovecharse.</p> <p>Formados por grandes cadenas de azúcares sencillos.</p> <p>Formadas por grandes cadenas de aminoácidos.</p> <p>Formadas por ácidos grasos y glicerol</p> <p>Capacidad de ingresar a sangre. En órganos liberan energía y se constituyen en “bloques de construcción”.</p> <p>Pueden unirse entre sí formando almidones. Principal “combustible” para el organismo. Pueden ser convertidos en grasas.</p> <p>Capacidad de unirse entre sí y formar proteínas. Pueden ser convertidos en glucosa. Constituyen “bloques de construcción”.</p>	<p>Jugos digestivos “rompen” nutrimentos complejos para liberar nutrimentos sencillos.</p>	<p>Si los azúcares simples se llegan a transformar en grasas, <i>entonces</i> un niño que rebase su requerimiento energético podrá desarrollar obesidad [incluso si su dieta está libre de grasas].</p> <p>Si los aminoácidos se llegan a transformar en grasas, <i>entonces</i> una niña que rebase su requerimiento energético podrá desarrollar obesidad [incluso si su dieta está libre de grasas].</p>
--	---	--	---

Constituyentes Ontológicos		Constituyentes Epistemológicos	
Entidades	Propiedades	Relaciones	Reglas de inferencia





<p>Nutrientes sencillos</p> <p>Ácidos grasos</p> <p>Glicerol</p> <p>Vitaminas</p> <p>Minerales</p> <p>Agua</p> <p>Boca</p> <p>Glándulas salivales</p> <p>Dientes</p> <p>Saliva</p> <p>Faringe y esófago</p> <p>Estómago</p> <p>Jugos gástricos</p> <p>Hígado</p> <p>Bilis</p> <p>Páncreas</p> <p>Jugo pancreático</p>	<p>Son ligeros, pueden almacenar energía concentrada.</p> <p>Puede convertirse en azúcar sencillo.</p> <p>Regulan muchas funciones corporales.</p> <p>Capacidad para regular líquidos, constituirse como parte de órganos o sustancias corporales</p> <p>Capacidad de regular la temperatura corporal y facilitar: la digestión, absorción, transporte de nutrientes y eliminación de desechos.</p> <p>Capacidad de segregar saliva.</p> <p>Capacidad de triturar el alimento.</p> <p>Capacidad de "romper" almidón.</p> <p>Forman un "tubo" continuo de transportación para el bolo alimenticio hasta estómago.</p> <p>Produce jugos gástricos.</p> <p>Son ácidos capaces de romper proteínas.</p> <p>Produce bilis que vierte al intestino delgado. Puede transformar aminoácidos en azúcares simples y éstos en grasas.</p> <p>Capacidad de romper grasas.</p> <p>Produce jugo pancreático que vierte al intestino delgado.</p> <p>Capacidad de romper cadenas de diferentes nutrientes.</p>	<p>Almidones + <math>\rightarrow</math> saliva cadenas cortas de azúcares sencillos.</p> <p>Proteínas + jugos <math>\rightarrow</math> gástricos cadenas cortas de aminoácidos.</p> <p>Bilis + grasas <math>\rightarrow</math> gotas pequeñas de grasa</p> <p>Cadenas medianas de diferentes nutrientes + jugos pancreático + jugo intestinal <math>\downarrow</math></p> <p>azúcares simples + aminoácidos + ácidos grasos + glicerol</p>	<p>Si un niño obeso tiene un estilo de vida sedentario, entonces la cantidad suministrada de oxígeno no es suficiente para "quemar" las reservas de grasa [con lo que la obesidad se mantiene].</p>
---	---	--	---





Constituyentes Ontológicos		Constituyentes Epistemológicos	
Entidades	Propiedades	Relaciones	Reglas de inferencia
<p>Intestino delgado</p> <p>Forma un tubo largo (7-8 m) y continuo de transportación de nutrimentos. Une estómago con intestino grueso.</p> <p>Jugo intestinal</p> <p>Vellosidades intestinales</p> <p>Vasos capilares</p> <p>Forman una red de "tubos" de transportación de sangre con paredes extremadamente delgadas.</p> <p>Sangre</p> <p>Líquido rojo que contiene glóbulos rojos.</p> <p>Glóbulos rojos</p> <p>Intestino grueso</p> <p>Forma un conducto continuo de transportación de agua, mezclada con residuos no digeridos.</p> <p>Ano</p> <p>Forma un orificio al final del intestino grueso.</p>	<p>Capacidad de producir jugo intestinal y absorber nutrimentos sencillos mediante vellosidades intestinales.</p> <p>Capacidad de romper cadenas de diferentes nutrimentos.</p> <p>Capacidad de absorber nutrimentos simples a través de sus vasos capilares.</p> <p>Capacidad de transportar e intercambiar sustancias de la sangre a través de sus paredes. En intestino delgado absorben nutrimentos. En alvéolos pulmonares intercambian gases. En órganos, intercambian gases (O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>) y nutrimentos por sustancias de desecho.</p> <p>Capacidad de transportar nutrimentos, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y sustancias de desecho.</p> <p>Componentes de la sangre capaces de transportar oxígeno (O<sub>2</sub>) y bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).</p> <p>Capacidad de absorber agua y minerales y, formar excremento.</p> <p>Capacidad de controlar su abertura y expulsar excremento.</p>	<p>Los nutrimentos sencillos atraviesan las vellosidades hasta entrar a la sangre de sus vasos capilares.</p> <p>Nutrimentos sencillos son transportados por sangre desde intestino hasta hígado.</p> <p>El hígado transforma en azúcares complejos, o grasas, el exceso de azúcares simples y aminoácidos para almacenarlos.</p> <p>Los nutrimentos son transportados por sangre, desde hígado hasta corazón (lado derecho).</p> <p>Restos no digeridos mezclados con agua pasan del intestino delgado al grueso.</p> <p>El intestino grueso absorbe agua y minerales, formándose excremento, que es expulsado por el ano.</p>	



Constituyentes Ontológicos		Constituyentes Epistemológicos	
Entidades	Propiedades	Relaciones	Reglas de inferencia
Corazón	Órgano hueco de cuatro cavidades, capaz de bombear sangre mediante contracciones y expansiones musculares.		
Venas	Forman una red de “tubos” capaces de transportar sangre pobre en O <sub>2</sub> de los órganos al lado derecho del corazón.		
Arterias	Forman una red de “tubos” capaces de transportar sangre rica en nutrimentos y O <sub>2</sub> , desde el lado izquierdo del corazón hasta los órganos.		





Fenómeno de referencia	La obesidad infantil vinculada con el sedentarismo y la ingesta de una dieta hipercalórica.		
Procesos fisiológicos involucrados	Respiración- Circulación Finalidad: Transportar nutrimentos y oxígeno a todos los órganos del cuerpo a través de la sangre.		
Constituyentes Ontológicos		Constituyentes Epistemológicos	
Entidades	Propiedades	Relaciones	Reglas de inferencia
<p>Aire Mezcla de gases compuesta de N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O (vapor) y otros gases.</p> <p>O<sub>2</sub></p> <p>Conductos respiratorios Nariz Boca Laringe Tráquea Bronquios</p> <p>Pulmones</p> <p>Constituidos por tubos de trasportación de aire- ramificados en conductos cada vez más reducidos- que terminan en alvéolos pulmonares.</p> <p>Alvéolos pulmonares</p> <p>Constituyen "bolsas" - de paredes extremadamente delgadas- capaces de contener aire, cubiertas por una red de vasos capilares.</p>	<p>Su composición, presión y peso varían según la altitud y temperatura.</p> <p>Capacidad de combinarse con ciertos nutrimentos sencillos y liberar de ellos energía y "bloques de construcción".</p> <p>Constituyen tubos de transportación del aire inhalado y exhalado.</p> <p>Capacidad de captar O<sub>2</sub> y expulsar CO<sub>2</sub>.</p> <p>Capacidad de intercambiar O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> a través de sus paredes.</p>	<p>El aire entra por los conductos respiratorios hasta los alvéolos pulmonares.</p> <p>El corazón impulsa -a través de una arteria- la sangre (del lado derecho) pobre en oxígeno y rica en nutrimentos (que llegaron del hígado) hasta los pulmones.</p> <p>El O<sub>2</sub> pasa de los alvéolos a los capilares, y el CO<sub>2</sub> se traslada en sentido opuesto.</p> <p>La sangre rica en O<sub>2</sub> y nutrimentos regresa al corazón (lado izquierdo).</p> <p>El corazón bombea sangre (del lado izquierdo) hacia todo el cuerpo, a través de las arterias, para repartir nutrimentos y O<sub>2</sub>.</p> <p>[En cada órgano], el O<sub>2</sub> se combina con azúcares simples, liberando energía -para su funcionamiento- y "bloques de construcción" para repararse o crecer, produciendo CO<sub>2</sub> y otros desechos.</p>	





Fenómeno de referencia	La obesidad infantil vinculada con el sedentarismo y la ingesta de una dieta hipercalórica.		
Procesos fisiológicos involucrados	Excreción- Circulación Finalidad: Transportar los desechos producidos durante el funcionamiento corporal a través de la sangre, para su eliminación.		
Constituyentes Ontológicos		Constituyentes Epistemológicos	
Entidades	Propiedades	Relaciones	Reglas de inferencia
Riñones	Capacidad selectiva para eliminar o conservar sustancias, controlar los niveles de agua y minerales en la sangre.	La sangre de las venas (pobre en O <sub>2</sub> ) recoge CO <sub>2</sub> y al pasar por los pulmones, suelta CO <sub>2</sub> recogido en su tránsito por todo el cuerpo para ser expulsado por los conductos respiratorios.	
Uréteres	Tubos con capacidad de transportación para la orina desde los riñones hasta la vejiga.	Los riñones separan (“filtran”) de la sangre los desechos y sustancias tóxicas que deben ser eliminados.	
Vejiga	“Bolsa” con capacidad para recibir y retener la orina que se contrae al expulsarla.	[En los riñones], las sustancias tóxicas se disuelven en agua, formando la orina.	
Uretra	Tubo con capacidad para transportar la orina de la vejiga.	La vejiga recibe la orina que sale de los riñones a través de los uréteres.	
Orificio urinario	Orificio que comunica al sistema excretor-renal con el exterior.	La vejiga se contrae, expulsando la orina por el orificio urinario.	

