

Diseño de un material educativo para la enseñanza de
los flujos de materia, energía e información en los
sistemas acuáticos a partir de los cultivos de
microalgas

Jimmy Alexander Muñoz-Medina

Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de Ciencia y Tecnología
Departamento de Biología
Bogotá D.C.
2018

Diseño de un material educativo para la enseñanza de los
flujos de materia, energía e información en los sistemas
acuáticos a partir de los cultivos de microalgas

Jimmy Alexander Muñoz-Medina

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Licenciado en Biología

Directora:
M. Sc. Ibeth Delgadillo Rodríguez

Línea de Investigación:
La Ecología en la Educación Colombiana
Grupo de Investigación:
CASCADA

Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de Ciencia y Tecnología
Departamento de Biología
Bogotá D.C.
2018

Lo que caracteriza al hombre de ciencia no es la posesión del conocimiento o de verdades irrefutables, sino la búsqueda desinteresada e incesante de la verdad...

Karl Popper

Agradecimientos

A mis padres Miguel Ángel y Yolanda, quienes con su esfuerzo, dedicación, apoyo y amor, brindaron la protección y estabilidad emocional en los momentos de flaqueza,

A Sebastián Velandia por su apoyo, acompañamiento y amistad incondicional,

A los chxachos, por conspirar en conjunto y principalmente por su fuerza y resistencia permanentes,

A Diego López, Jhon Pabón, Carolina Pedroza, Paula Rodríguez, Diego Pulido e Iván Fierro por cada risa, consejo, y regaño, y principalmente por estar en la construcción de tan duro camino, así como también por hacer posible esta locura,


Al grupo de investigación Cascada, por permitirme seguir haciendo ECO desde la enseñanza de la ecología,

A Ibeth Delgadillo, quien no sólo asesoró este trabajo en calidad de profesora, sino que también fue amiga, guía y consejera en todo momento,

A la Institución Educativa Municipal Emilio Cifuentes quien permitió la experimentación en las instalaciones del laboratorio y especialmente al docente Mauricio Vargas, quien estuvo pendiente del proceso y atento a prestar su colaboración en todo,

A la Universidad Pedagógica Nacional, por mostrarme que la docencia es la mejor y más importante profesión en la construcción de un país en Paz,


A todos mis maestros, especialmente a Francisco Medellín, Carolina Vargas, Deisy Serrato y Angélica Molina, ya que con sus enseñanzas y experiencias permitieron construir y deconstruir este camino.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 1 de 10	


1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	Diseño de un material educativo para la enseñanza de los flujos de materia, energía e información en los sistemas acuáticos a partir de los cultivos de microalgas.
Autor(es)	Muñoz-Medina, Jimmy Alexander
Director	Delgadillo Rodríguez, Ibeth
Publicación	Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional, 2018, 115 p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	MATERIAL EDUCATIVO; FLUJOS DE MATERIA, ENERGÍA E INFORMACIÓN; SISTEMAS ACUÁTICOS; MICROALGAS

2. Descripción
<p>El siguiente documento lleva como objetivo general “Diseñar un material educativo dirigido a maestros de biología de Bogotá, a partir del cultivo de microalgas para la enseñanza del flujo de materia, energía e información de los sistemas acuáticos”, para ello se propone experimentar con cultivos de microalgas; elaborar talleres teórico-prácticos utilizando cultivos de microalgas para la enseñanza de los flujos de materia, energía e información y; validar el material educativo con maestros de biología del distrito, proponiendo los flujos de materia, energía e información como eje de reflexión sobre el uso e importancia del recurso hídrico.</p> <p>Este trabajo fue realizado en marco del macroproyecto de investigación Agua Cachaca realizado por el semillero de investigación ECO del Departamento de Biología de la UPN, en el cual se posibilitaron los colegios y maestros del distrito en donde se implementó la investigación.</p> <p>Entre los resultados obtenidos se encuentran que las microalgas a través del crecimiento poblacional en medios de cultivo con concentraciones de nutrientes diferenciadas para simular los sistemas acuáticos, permiten evidencian los flujos de materia, energía e información. Otros procesos fisiológicos como la respiración y la fotosíntesis demuestran que estos microorganismos son de vital importancia en la dinámica ecológica de los sistemas acuáticos comprobando su utilidad para la enseñanza de la ecología a partir de la construcción de materiales educativos que involucren este tipo de experimentaciones.</p>

3. Fuentes
<p>Agudelo, R. (2005). El agua, recurso estratégico del siglo XXI. <i>Facultad Nacional de Salud Pública</i>, 23(1), 91-102. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-386X2005000100009</p> <p>Alvarado, L., & García, M. (2008). Características mas relevantes del paradigma socio-crítico: su aplicación en investigaciones de educación ambiental y de enseñanza de las ciencias realizadas en el Doctorado de Educación del Instituto Pedagógico de Caracas. <i>Sapiens. Revista Universitaria de Investigación</i>, 187-202.</p> <p>Andersen, R. (2005). <i>Algal culturing techniques</i>. USA: Elsevier Academic Press.</p>

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</small>	FORMATO
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE
Código: FOR020GIB	Versión: 01
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 2 de 10

- Arcos-Pulido, M. d., & Gómez, A. C. (2006). Microalgas perifíticas como indicadoras del estado de las aguas de un humedal urbano: Jaboque, Bogotá D.C., Colombia. *NOVA - Publicación Científica ISSN:1794-2470 Vol.4 No. 6*, 60-79. Obtenido de División de Investigaciones, Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca: http://unicolmayor.edu.co/invest_nova/NOVA/NOVA6_ARTORIG6.pdf
- Armenteras, D., González, T., Vergara, L., Luque, F., Rodríguez, N., & Bonilla, M. (2016). Revisión del concepto de ecosistema como “unidad de la naturaleza” 80 años después de su formulación. *Ecosistemas. Revista científica de Ecología y Medio Ambiente. Asociación Española de Ecología Terrestre*, 83-89. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/540/54045357011.pdf>
- Arraiza, N., Viguria, P., Navarro, J., & Ainciburu, A. (s.f.). *Manual de microscopía. Historia, descripción y uso del microscopio óptico*. Auxilab, S.L. Material para laboratorio.
- Arrieta, C. A., Alián, J. C., & Ruiz, S. S. (2017). El aprender haciendo como estrategia de aprendizaje en las ciencias naturales en los Estudiantes del grado sexto Tres de la I.E. San José. Sincelejo: Corporación Universitaria del Caribe - CECAR.
- Atuesta, M., Ceballos, A., & Gómez, R. (2015). Co-creación como metodología para la apropiación social de la ciencia y la tecnología (ASCYT) del recurso agua. Caso Urabá-Antioqueño- Colombia. *AGO.USB Medellín-Colombia V. 16 No 1*, 277-286. doi:dx.doi.org/10.21500/16578031.2176
- Ayala, S. (2015). *Clasificación taxonómica de microalgas presentes en un consorcio microbiológico que biorremedia el efluente de una planta de sacrificio de bovinos y porcinos*. Bogotá, D.C.: Universidad de los Andes. Recuperado el 2018, de https://www.researchgate.net/publication/291330974_Clasificacion_taxonomica_de_m
- Badillo, M., Galindo, M. d., Gallardo, A., Lizama, G., Palomino, G., Arena, M., & Chiappa, X. (2010). Fitoplancton y Productividad Primaria. En *Manual de prácticas de Ecología Acuática* (págs. 13-26). México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Barillas, B., & Bonilla, L. (2014). El oro azul: entre la apropiación social y su mercantilización. *Espiga*, 67-79.
- Bastidas, O. (2009). *Conteo Celular con Hematocitómetro. Cámara de Neubauer*. España: Celeromics.
- Begon, M., Harper, J., & Townsend, C. (1995). Flujo de energía y materia en las comunidades. En *Ecología. Individuos, poblaciones y comunidades* (págs. 639-680). Barcelona: Omega S.A.
- Berdugo, M., Betancourt, A., Maldonado, A., & Garzón, J. (2003). Evaluación y dinámica de uso del recurso hídrico en el corregimiento de Barú (Cartagena, Bolívar, Colombia). *Universidad Nacional de Colombia. Acta Biológica Colombiana, Vol. 9 No 1.*, 23-36.
- Bermeo, L. (2011). *Estudio del cosechado de cultivos de microalgas en agua residual mediante técnicas de centrifugado*. Cádiz, España: Universidad Ténica Particular de Loja.
- Braida, V., Campot, M., Nervi, E., & Tartaglia, C. (2015). *Aplicaciones del cultivo de microalgas en arquitectura sustentable (Tesis de pregrado)*. Universidad ORT Uruguay. Obtenido de Universidad ORT Uruguay.: <https://bibliotecas.ort.edu.uy/bibid/81405/file/1924>
- Brignardello, M. (2012). *“Distribución desigual y apropiación de recursos naturales. Escasez*. Argentina: CONICET .
- Cabrera, S., & Montecino, V. (1987). Productividad primaria en ecosistemas límnicos. *Archivos de biología y medicina experimentales*, 105-116.
- Caicedo, V. (2014). *Evaluación del efecto antagónico de Trichoderma harzianum frente a microhongos y bacterias fitopatógenas del cepario del laboratorio de biotecnología de la UPN*. Bogotá D.C.: Universidad Pedagógica Nacional.
- Camargo Contreras, A. L., & Toba Vargas, J. J. (2010). *Criterios educativos de una clave interactiva de*

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</small>	FORMATO
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE
Código: FOR020GIB	Versión: 01
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 3 de 10

algas, para ser incorporada en el aula a través de una estrategia educativa para fortalecer habilidades científicas en estudiantes de licenciatura en biología de la Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

Cambiasso, e. a. (2015). *Ciencias naturales 1. Recursos para el docente.* Buenos Aires: Santillana.

Canziani, G., Sanzano, P., Grosman, F., Ferrati, R., Ruiz, D., & Agueria, D. (2005). *Metodología Integrada para el Diagnóstico y Gestión de Ecosistemas Acuáticos Lénticos.* Obtenido de PRESENTACION DE PROYECTO DE INVESTIGACION PARA SU AVAL POR LA SECYT-UNCPBA: http://www.exa.unicen.edu.ar/ecosistemas/ecosistemas/Lagunas/MET_INT_DIAGNOSTICO_Y_GESTION.pdf

Caríssimo, M. (2013). *Cap 1. El mar, los ríos, los estuarios, los glaciares... ¿un ecosistema o varios?* Obtenido de Escritura en ciencias: Ecosistemas Acuáticos. Docentes aprendiendo en Red.: <http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL005258.pdf>

Carlos de Miguel y Marcia Tavares. (2015). *El desafío de la sostenibilidad ambiental en América Latina y el Caribe.* Obtenido de Repositorio CEPAL: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37791/LCM23_es.pdf

Cervantes, M. (s.f.). *Conceptos fundamentales sobre ecosistemas acuáticos y su estado en México.* Obtenido de Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Publicaciones: <http://www.publicaciones.inecc.gob.mx/libros/533/conceptos.pdf>

Criales, M. I., García, C., & Wolff, M. (2006). Flujos de biomasa y estructura de un ecosistema de surgencia tropical en La Guajira, Caribe colombiano. *Revista de Biología Tropical.*

Crisci, C., Goyenola, G., Terra, R., Lagomarsino, J. J., Pacheco, J. P., Díaz, I., . . . Mazzeo, N. (2017). Dinámica ecosistémica y calidad de agua: estrategias de monitoreo para la gestión de servicios asociados a Laguna del Sauce (Maldonado, Uruguay). *Revista del laboratorio tecnológico del Uruguay*, 46-57. doi:dx.doi.org/10.26461/13.05

Delgadillo, I. P. (2014). *Respuestas biológicas de Scenedesmus ovalternus y Chlorella vulgaris inmobilizadas en alginato de calcio, ante diferentes concentraciones de nutrientes en condiciones de laboratorio.* Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia.

Delgadillo, I., & Góngora, F. (2008). *Reestructuración de la ficoteca de la Universidad Pedagógica Nacional como estrategia didáctica que contribuya en la enseñanza y aprendizaje de conceptos biológicos dentro del Departamento de Biología.* Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.


Delgadillo, I., & Góngora, F. (2009). Colecciones Biológicas: Estrategias didácticas en la enseñanza-aprendizaje de la Biología. *Bio-grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza Vol2 No3 ISSN 2027-1034*, 148-157.

Departamento de Ecología e Hidrología. (2011). *Los ecosistemas de las aguas epicontinentales en la región de Murcia. Ramblas, ríos y humedales.* Obtenido de LA ECOLOGÍA ANTE EL SIGLO XXI. Universidad de Murcia: http://www.um.es/aulademayores/docs-cmsweb/apuntes_aula_senior_ecosistemas_de_aguas_continental.pdf

Duró, A., Pérez, F., Olivas, F., Abelló, P., Lombarte, A., & Villanueva, R. (2014). Biológicas de Referencia (ICM-CSIC): desde la investigación hasta la difusión de la biodiversidad marina. *Institut de Ciències del Mar, CSIC. Passeig Marítim de la Barceloneta 37-49. E-08003 Barcelona (Spain).*, 73-78.

Echaniz, S., & Vignatti, A. (2009). Determinación del estado trófico y de la capacidad de carga del Embalse Casa de Piedra. *BioScriba*, 2(1), 41-51.

El Espectador. (13 de Septiembre de 2017). *Así está la biodiversidad en Colombia.* Obtenido de El

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</small>	FORMATO
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE
Código: FOR020GIB	Versión: 01
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 4 de 10

Espectador: <https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/asi-esta-la-biodiversidad-en-colombia-articulo-712964>

Escuredo, R. (2014). *Evaluación de la biomasa producida por la microalga Haematococcus sp. y la inducción a la carotenogénesis bajo diferentes condiciones de cultivo (Tesis de maestría)*. Ensenada, Baja California, México: Programa de Posgrado en Ciencias, Centro de investigación científica y de educación superior de ensenada, Baja California. Obtenido de <https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/126/1/235331.pdf>

Figueroa, G., & Lara-Isassi, G. (1998). Crecimiento Poblacional de Tres Microalgas en Diferentes Medios de Cultivo. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*, 1-6.

Flos, J. (2005). El concepto de información en la ecología margalefiana. *Ecosistemas. Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente*, 7-17.

Forero, E. (2012). *Colecciones científicas de la Universidad Nacional de Colombia. Sistema de información sobre Biodiversidad UN-SiB*. Bogotá: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

Forero-Cujiño, M., Montenegro-Ruiz, L., Pinilla-Agudelo, G., & Melgarejo-Muñoz, L. (2016). INMOVILIZACIÓN DE LAS MICROALGAS *Scenedesmus ovalternus* (Scenedesmaceae) Y *Chlorella vulgaris* (Chlorellaceae) EN ESFERAS DE ALGINATO DE CALCIO. *Acta Biológica Colombiana. Universidad Nacional de Colombia*, 437-442.

García, R. D. (2013). *Las colecciones biológicas como estrategia didáctica generadora de aprendizajes significativos en ciencias naturales y educación ambiental (Tesis de maestría)*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín: <http://bdigital.unal.edu.co/12611/1/98503228.2014.pdf>

Garduño, R. (2009). Contenido educativo en el aprendizaje virtual. *Investigación bibliotecológica*, 23(47), 15-44.

Giraldo, A. (2013). *Evaluación de cepas de microalgas para captura de CO2*. Medellín: Universidad EAFIT.

Gocke, K., & Hernández, C. (1994). Determinación comparativa de la producción primaria con las técnicas de ¹⁴C Y O₂ en aguas salobres con diferentes grados de eutroficación. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR*.

Gómez, L. (2007). MICROALGAS: ASPECTOS ECOLÓGICOS Y BIOTECNOLÓGICOS. *Revista Cubana de Química*, XIX(2), 3-20.

Gonzales, G. G., & Pérez, V. (2011). *Influencia del material educativo ambiental en el aprendizaje significativo de los estudiantes de la I.E Sagrado Corazón de Jesús (Tesis de pregrado)*. Obtenido de Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto. Facultad de Ecología. Moyobamba, Perú: <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/UNSM/169/6051309.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

González, L. (2009). *Diseño y validación de una guía ilustrada del museo de biología como instrumento didáctico para la enseñanza de la taxonomía y sistemática en el colegio mayor de san Bartolomé*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

González-Delgado, A. D., Barajas-Solano, A. F., & Ardila-Álvarez, A. M. (2017). Producción de biomasa y proteínas de *Chlorella vulgaris* Beyerinck (Chlorellales: Chlorellaceae) a través del diseño de medios de cultivo selectivos. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 3(18), 451-461.

Gordillo, Orjuela, & Salas. (2015). *Uso responsable del recurso hídrico*. Bogotá: FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES.

Hanson, P., Springer, M., & Ramirez, A. (2010). Introducción a los grupos de macroinvertebrados



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA
NACIONAL

FORMATO

RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE


Código: FOR020GIB

Versión: 01


Fecha de Aprobación: 10-10-2012

Página 5 de 10

- acuáticos. *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) Vol. 58 (Suppl. 4)*, 3-37. Obtenido de <http://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v58s4/a01v58s4.pdf>
- Hernández, F. (1992). Evolución del concepto de museo. *General de Información y Documentación*, 85-97.
- Hernández-Sampieri, R. (2014). Los metodos mixtos. En R. Hernández-Sampieri, C. Fernández, & P. Baptista, *Metodología de la Investigación* (6a ed., págs. 531-589). México: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
- Hincapié, I. C. (2016). *Intervención didáctica basada en las TIC, como estrategia para la enseñanza del flujo de energía en los ecosistemas de Desierto. Estudio de caso en el colegio Calasanz Medellín (Tesis de maestría)*. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia. Maestría en enseñanza de las ciencias exactas y naturales: bdigital.unal.edu.co/54024/1/43266628.2016.pdf
- IDEAM. (2015). *Estudio Nacional del Agua 2014*. Obtenido de Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM: http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023080/ENA_2014.pdf
- IDEAM. (8 de Julio de 2015). *Nueva herramienta revela estado de los ecosistemas en Colombia*. Obtenido de Boletín de Prensa IDEAM: <http://www.humboldt.org.co/images/documentos/pdf/noticias/n-ecosistemas-en-colombia.pdf>
- Lara-Lara, J. R., Arenas, V., Bazán, C., Díaz, V., Escobar, E., García, M. d., . . . Valdez-Holguín, E. (2008). Cap. 5: Los ecosistemas marinos. En *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. (págs. 135-159). México: CONABIO. Obtenido de Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad: http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20I/I05_Losecosistemasmar.pdf
- Leal, R. (2013). Ordenar el territorio en torno al recurso hídrico, prioridad para todos. *Anales de Ingeniería*.
- Lopez, M., & Madroño, S. (2015). Estado trófico de un lago tropical de alta montaña: caso Laguna de la Cocha. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 25(2), 21-43.
- López, S., & Barrientos, R. (2003). *Colección de microalgas dilceacuícolas y marinas de la Península de Yucatán*. Yucatán: Universidad Autónoma de Yucatán.
- López-Cortés, D., Gárate-Lizárraga, I., Bustillos-Guzmán, J., Alonso-Rodríguez, R., & Murillo-Murillo, I. (2003). Variabilidad del estado trófico y la biomasa del fitoplancton de Bahía Concepción, Golfo de California (1997-1999). *Hidrobiológica*, 3(13), 195-206.
- Maass, M. (s.f.). *Principios generales sobre manejo de ecosistemas*. Obtenido de Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático INECC y Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/395/maass.html>
- Malacalza, L. (2013). Capitulo 3: La Ecología y los Ecosistemas. En *Ecología y Ambiente. No2* (págs. 28-35). La Plata. Argentina: Sociedad y Ambiente: Reflexiones para una nueva América Latina.
- Manrique-Losada, B., Echeverri-Arias, J., & Peláez-Rodríguez, M. (2011). Aportes desde la hidroinformática a la gestión de ecosistemas acuáticos amazónicos. *Ingeniería e Investigación*, Vol 31, No 1, 108-116.
- Martínez, M. (2004). Necesidad de un nuevo paradigma epistémico. En *Ciencia y Arte en la Metodología Cualitativa* (págs. 36-49). México: Trillas.
- Martínez, M. (2015). *UNIDAD II ECOSISTEMAS*. Obtenido de CIENCIAS NATURALES - UNIDAD II. Universidad Nacional de San Luis: http://server-enjpp.unsl.edu.ar/escuela/images/Unidad_2_ecosistemas.pdf
- Mastrangelo, A. (2009). Análisis del concepto de recursos naturales en dos estudios de caso en Argentina. *Ambiente y Sociedad*, XII(2), 341-355.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</small>	FORMATO
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE
Código: FOR020GIB	Versión: 01
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 6 de 10

- Medellín, F., Vargas, C., & Ojeda, P. (2016). *Encuentro de experiencias, relatos sobre la enseñanza de la biología a través de los trabajos prácticos*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Medina, C. (s.f.). *Las Colecciones Biológicas, ¿fundamentales para la conservación de la Biodiversidad!* Obtenido de Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt: <http://www.humboldt.org.co/es/actualidad/item/999-colecciones-conservacion-biodiversidad>
- Miembros del seminario: Los materiales educativos en la sociedad de la información. (2006). *Los Materiales Educativos en México. Aproximación a su génesis y desarrollo*. Obtenido de http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/80/cd_1_2_3/cd2/paises/mexico/los_materiales_educativos_en_mexico.pdf
- Monedero, J. J. (2007). El diseño de los materiales educativos ante un nuevo reto en la enseñanza universitaria: el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 21(1), 51-68.
- Montecino, V., & Pizarro, G. (2006). Productividad primaria, biomasa y tamaño del fitoplancton en canales y fiordos australes: patrones primavera-verano. *Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas, Puerto Montt a cabo de Hornos.*, 93-97.
- Morales, E., Luna, V., Navarro, L., Santana, V., Gordillo, A., & Arévalo, A. (2013). Diversidad de microalgas y cianobacterias en muestras provenientes de diferentes provincias del Ecuador, destinadas a una colección de cultivos. *Medicina y Ciencias Biológicas*, 129-149.
- Morales, G. (2016). La apropiación de la naturaleza como recurso. Una mirada reflexiva. *Gestión y Ambiente*, 19(1), 141-154. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/viewFile/51968/56391>
- Morales, J., Arenas, C., & Villamarín, E. (2010). *estrategia didáctica para el uso adecuado del recurso hídrico: una alternativa para educar ciudadanos ambientalmente responsables, en una comunidad del barrio Mirador de la Estancia segundo sector localidad diecinueve de ciudad bolívar, Bogotá D.C. Col.* Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Morales, P. A. (2012). *Elaboración de material didáctico*. México: Red Tercer Milenio S.C. Obtenido de http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/derecho_y_ciencias_sociales/Elaboracion_material_didactico.pdf
- Morales, P. A. (2012). *Elaboración de material didáctico*. Red Tercer Milenio.
- Moreno, F. R. (2012). *Diseño de un manual guía del docente para el estudio limnológico de ecosistemas acuáticos para el fortalecimiento de conceptos científicos en estudiantes de educación media (Tesis de maestría)*. Bogotá, Colombia. Obtenido de Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia: <http://bdigital.unal.edu.co/39607/1/186796.2013.pdf>
- Moreno, L. (2018). *Fotografías implementación de taller Proyecto Agua Cachaca*. Bogotá D.C.
- Muñoz, J. (2017). *Enseñanza de la ecología en la escuela para el reconocimiento de ecosistemas acuáticos del municipio de Facatativá*. Bogotá D.C.: Universidad Pedagógica Nacional.
- Muñoz, J. (2018). *Experimentando con microalgas: evidencias de flujos en los sistemas acuáticos. Talleres educativos para docentes*. Bogotá, D.C.: Universidad Pedagógica Nacional.
- Muñoz, J. (2018). *Fotografías implementación de taller en validación de trabajo de grado*. Bogotá D.C.
- Naeem, S., Chapin, C., Costanza, R., Ehrlich, P., Golley, F., Hooper, D., . . . Tilman, D. (1999). La Biodiversidad y el Funcionamiento de los Ecosistemas: Manteniendo los procesos que sustentan la vida. *Tópicos en Ecología. Vol4. Sociedad norteamericana de Ecología*, 1-12.
- Nieto, M., Cardona, L., & Agudelo, C. (2015). Servicios Ecosistémicos. Provisión y regulación hídrica en los páramos. En P. Ungar (Ed.), *Colección hojas de ruta: Guías para el estudio socioecológico de*

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</small>	FORMATO
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE
Código: FOR020GIB	Versión: 01
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 7 de 10

la alta montaña en Colombia (págs. 2-37). Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Odum, H. T., Odum, E. C., Brown, M. T., LaHart, D., Bersok, C., & Sendzimir, J. (1988). Cap.2. Los flujos de energía y materiales a través de ecosistemas. En *Sistemas Ambientales y Políticas Públicas* (págs. 18-30). USA: Programa de Economía Ecológica, Phels Lab, Universidad de Florida, Gainesville.

Ojeda Gonzalez, G. (2015). *Mitos del agua: un camino para la enseñanza-aprendizaje del cuidado y conservación de los ecosistemas acuáticos de Bogotá*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

Osorio, N. (1989). La validación de materiales educativos. Una alternativa para mejorar la comunicación educativa. *Signo y pensamiento*, 21-30.

Ospina, D. P. (s.f.). *Los Materiales Educativos*. Obtenido de Aprenda en línea. Universidad de Antioquia: <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/banco/html/materialeseducativos/>

Ossa, P., Giraldo, J., López, A., Dias, L., & Rivera, F. (2012). Colecciones biológicas: Una alternativa para los estudios de diversidad genética. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 143-155.

Parra Rivera, P. M. (2016). *Construcción de un recurso educativo natural para la enseñanza de microalgas dirigido a estudiantes de grado cuarto del Instituto Pedagógico Nacional*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

Paruelo, J. (2008). La caracterización funcional de ecosistemas mediante sensores remotos. *Ecosistemas. Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*, 4-22.

Perdomo, M. (2010). *Diseño participativo de un modelo de seguimiento, monitoreo y control social a los humedales urbanos de Bogotá, D.C. Estudio de caso humedal Tibanica*. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia.

Pereira, Z. (2011). Los diseños de método mixto en la investigación en educación: Una experiencia concreta. *Revista Electrónica Educare*, XV(1), 15-29.

Primack, R. B. (2010). La economía ecológica y los valores de uso directo de la biodiversidad. En *Fundamentos de la Biología de la Conservación*. (R. Torres, Trad., Fifth Edition ed.). Massachusetts: Sinauer Associates, Inc.

Primack, R. B. (2010). Los Valores de uso indirecto de la biodiversidad. En *Fundamentos de Biología de la Conservación* (R. Torres, Trad., Fifth Edition ed.). Massachusetts: Sinauer Associates, Inc.

Ranchal, M. (2015). *Diseño de un material didáctico para la educación ambiental*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.


Riaño, Y. (2009). *Diseño de una guía metodológica sobre productividad primaria para estudiantes de básica secundaria del colegio gimnasio campestre*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

Ricoy, C. (2006). Contribución sobre los paradigmas de investigación. *Educação. Revista do Centro de Educação*, 31(1), 11-22. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/1171/117117257002.pdf>

Rincón, A., Echeverry, M., Piñeros, A., Tapia, C., David, A., Arias, P., & Zuluaga, P. (2014). *Valoración integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos: Aspectos conceptuales y metodológicos*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Rivera, K. (2018). *Prácticas experimentales en el laboratorio con Microalgas: enseñar conceptos biológicos a maestros de biología en formación a partir de la ficoteca*. Bogotá, D.C.: Universidad Pedagógica Nacional.

Rodriguez, M. (2015). *Paradigma Hermenéutico*. Obtenido de Escuela de ciencias de la Educación: <https://www.youtube.com/watch?v=eYgTNL54Y24>

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</small>	FORMATO
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE
Código: FOR020GIB	Versión: 01
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 8 de 10

Rodríguez, P. (2008). *Estructura y producción primaria del fitoplancton y perifiton en un humedal del bajo Paraná*. Buenos Aires, Argentina: Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.

Rojas-Triviño, A. (2011). *Conceptos y práctica de microbiología general*. Palmira: Universidad Nacional del Colombia. Sede Palmira.

Roldán, G. (1988). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia*. Bogotá: Presencia Ltda.

Roldán, G. (2009). Desarrollo de la limnología en Colombia: cuatro décadas de avances progresivos. *Actual Biol* 31 (91), 227-237.

Roldán, G., & Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical. 2da edición*. Medellín: Universidad de Antioquia.

Ruíz, A. (2011). *Puesta en marcha de un cultivo de microalgas para la eliminación de nutrientes de un agua residual urbana previamente tratada anaeróbicamente*. Valencia, España: Master Universitario en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente.

Ruiz, R. (2007). *El método científico y sus etapas*. Obtenido de <http://www.index-f.com/lascasas/documentos/lc0256.pdf>

Rumiz, D., Caneodo, P., Alarcón, M., Anivarro, R., & Vides-Almonacid, R. (2016). Valoración de los servicios ecosistémicos de las reservas forestales. En *Problemática de las reservas forestales en el Departamento de Santa Cruz* (págs. 77-113). FCBC-Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/303856703_Valoracion_de_los_servicios_ecosistemicos_de_las_reservas_forestales

Salasar, A., Shamah, T., Escalante, E., & Jiménez, A. (2012). Validación de material educativo: estrategia sobre alimentación y actividad física en escuelas mexicanas. *Revista Española de Comunicación en Salud*, 3(2), 96-109.

Sánchez, Ó. (s.f.). *Ecosistemas acuáticos: diversidad, procesos, problemática y conservación*. Obtenido de Publicaciones: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático: <http://www.publicaciones.inecc.gob.mx/libros/533/ecosistemas.pdf>

Santaella-Álvarez, E. (2013). *Producción y desarrollo de cultivo de algas para la captación de anhídrido carbónico y la producción de biocombustibles*. Madrid, España: Instituto Español de Oceanografía.


Santos, M., Segura, M., & Núñez, C. (2010). Análisis de Crecimiento y Relación Fuente-Demanda de Cuatro Variedades de Papa (*Solanum tuberosum* L.) en el Municipio de Zipaquirá (Cundinamarca, Colombia). *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín*, 63(1), 5253-5266.

Serna-Botero, V., & Ramírez-Castaño, V. (2017). Curaduría y potencial de investigación de la colección herpetológica del museo de historia natural de la universidad de Caldas, Manizalez, Colombia. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 138-153.

Simmons, J., & Muñoz-Saba, Y. (2005). Cuidado, Manejo y Conservación de las Colecciones Biológicas. En *Conservación Internacional. Serie Manuales de Campo*. Bogotá, D.C.: Universidad Nacional de Colombia.

Smith, T., & Smith, R. (2007). *Ecología*. 6ta Edición. Madrid, España: PEARSON EDUCACIÓN, S.A.


Sosa, P., Escandeli, A., Batista, F., Yoldi, A., Fanlo, M., & Medina, L. (2006). *Flujos de materia y energía en los ecosistemas marinos*. Obtenido de El litoral de Las Palmas de Gran Canaria. Departamento de Biología de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria: <http://www.limoniumcanarias.com/uploads/aulamar/13p.pdf>

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</small>	FORMATO
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE
Código: FOR020GIB	Versión: 01
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 9 de 10

- Stein, J. (1979). *Handbook of Psychological methods. Culture methods and growth measurements.* . Canada: Cambridge University Press.
- Terradas, J. (2015). El pensamiento evolutivo de Ramón Margalef. *Ecosistemas. Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente*, 104-109.
- Torres, E. (2012). El concepto de apropiación de Max Weber. *Estudios sociológicos XXX. CONICET*, 519-548.
- Trujillo-Trujillo, E., Vargas-Triviño, P., & Salazar-Fajardo, L. (2014). Clasificación, manejo y conservación de colecciones biológicas: una mirada a su importancia para la biodiversidad. *Momentos de Ciencia. Universidad de la Amazonia*, 97-106.
- Vacca, V., Angulo, E., Puentes, D., Torres, J., & Plaza, M. (2017). Uso de la microalga *Chlorella* sp. viva en suspensión en la decoloración del agua residual de una empresa textil. *Prospect. Vol. 15, No. 1*, 93-99. doi:doi.org/10.15665/rp.v15i1.829
- Vargas, E., & Zúñiga, L. (2010). Tiempo y sucesión ecológica en Ramón Margalef. *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura*, 163-171. doi:doi: 10.3989/arbor.2010.741n1016
- Vásquez, N., & Chávez, H. (2009). *Protocolo: cultivos de microalgas*. Casma: Fondo nacional de desarrollo Pesquero.
- Velásquez, S., & Ulate, A. (2014). Diseño, construcción y puesta en marcha de un fotobioreactor tubular para producir la microalga *Chlorella* sp. *Cinecia y Tecnología*, 10(1), 28-49.
- Vélez-Azañero, A., Lozano, S., & Cáceres-Torres, K. (2016). Diversidad de fitoplancton como indicador de calidad de agua en la cuenca baja del río Lurín, Lima, Perú. *Ecología Aplicada*, 15, 69-79.
- Vidal, T., & Pol, E. (2005). La apropiación del espacio: una propuesta teórica para comprender la vinculación entre las personas y los lugares. *Anuario de Psicología*, 36, 281-297.
- Villareal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., . . . Umaña, A. M. (2004). *Manual de Métodos para el desarrollo de inventarios de Biodiversidad*. Bogotá, Colombia: Programa de inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Watanabe, M. (2005). Chapter 2. Freshwater Culture Media. En R. A. Andersen, *Algal Culturing Techniques* (págs. 13-20). USA: Elsevier Academic Press.
- Zavala, A. (2010). La sistematización desde una mirada interpretativa: Propuesta metodológica. *Trabajo Social UNAM*, VI(1), 90-101.

4. Contenidos

Esta investigación contiene 10 apartados entre los cuales se encuentra la **Introducción** donde se realiza un breve resumen del contenido; el **Planteamiento del problema** que permite problematizar el estudio a partir de la enseñanza de la ecología; la **Justificación** en donde se expone la necesidad e importancia de la investigación realizada; los **Objetivos** general y específicos donde se especifica la finalidad de la investigación a partir de la identificación de la problemática, los **Antecedentes** que permiten evidenciar las investigaciones relacionadas con la temática y que se han realizado en el ámbito internacional, nacional y local; el **Marco teórico** donde se expresan los conceptos estructurantes clave de la investigación y su revisión bibliográfica; el **Marco metodológico** que orienta a partir del paradigma interpretativo y el enfoque mixto de investigación las tres fases de desarrollo que permiten dan solución a los objetivos propuestos; la **Discusión de resultados** donde se encuentran los resultados de las fases metodológicas apoyado de los autores consultados; las **conclusiones** donde se expresa de manera concreta lo obtenido por el investigador y; la **bibliografía** que fue utilizada y surge a partir de esta investigación.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 10 de 10	

5. Metodología

Desde el enfoque mixto y el paradigma interpretativo de investigación, se plantea la ruta metodológica que se divide en tres fases que dan solución a los objetivos propuestos. La primer fase denominada “Experimentación con cultivos de microalgas” contiene todo el proceso de experimentación en laboratorio llevado a cabo con los cultivos de microalgas a través del crecimiento poblacional, la fotosíntesis y la respiración de *Parachlorella kessleri* comprobando su utilidad en la enseñanza de los flujos de materia, energía e información. La segunda fase denominada “Talleres teórico-prácticos sobre los flujos en los sistemas acuáticos” propone la revisión documental de diferentes materiales educativos en biología para fundamentar el material propuesto por este trabajo y, el diseño y construcción del mismo. La tercera y última fase denominada “Validación del material educativo” propone la validación del material diseñado en tres momentos; el primero a través de un experto interno del grupo de investigación CASCADA, el segundo a través de docentes egresados de la licenciatura en biología de la UPN que se encuentran ejerciendo en colegios del distrito y pertenezcan al macroyecto Agua Cachaca, y el tercer momento a través de la implementación en colegios de talleres contenidos en el material educativo.

6. Conclusiones

La experimentación con microalgas a partir de diferentes concentraciones de nutrientes en medios de cultivo, permite evidenciar la diversidad de dinámicas ecológicas en el ecosistema tales como el flujo de materia, energía e información, y esto a su vez posibilita los procesos de enseñanza-aprendizaje de la ecología fortaleciendo habilidades científicas y procedimentales a partir del ensayo-error.

La caracterización de procesos fisiológicos y la integración de datos cualitativos y cuantitativos de las microalgas permiten además de evidenciar los flujos de materia, energía e información, entender la dinámica ecológica que cumplen estos organismos en el funcionamiento de los ecosistemas, evidencia su potencial biológico y educativo.

La elaboración de talleres teórico-prácticos para maestros podría posibilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje en el contexto escolar, además estos talleres se convierten en una alternativa pedagógica que articula temáticas ecológicas a un material educativo de manera sencilla, práctica y de fácil acceso económico, permitiendo desarrollar sus actividades en el marco de cualquier nivel de enseñanza y ambiente educativo.

La formulación, implementación y validación de algunos talleres del material educativo permite confirmar la utilidad e importancia de este en los contextos escolares, además de reflexionar su necesidad en términos de dinamizar y recrear los procesos educativos en la educación colombiana.

Elaborado por:	Muñoz-Medina, Jimmy Alexander
Revisado por:	Delgadillo Rodríguez, Ibeth

Fecha de elaboración del Resumen:	03	12	2018
--	----	----	------

Contenido

	Pág.
Introducción	7
Planteamiento del problema	9
Justificación	11
Objetivos	13
Objetivo general	13
Objetivos específicos	13
Antecedentes	15
Antecedentes Internacionales	15
Antecedentes Nacionales	18
Antecedentes Locales	20
Marco teórico	27
Dinámicas Ecológicas de los Sistemas Acuáticos	27
Aguas continentales y aguas marinas	29
Movimiento de las masas de agua continental	30
Estado trófico	32
Dinámica Ecológica	33
Flujos de materia, energía e información	36
Cultivos de Microalgas	38
Apropiación del recurso hídrico	40
Colecciones Biológicas Vivas	43
Material Educativo	46
Marco metodológico	49
Paradigma Epistemológico	49
Enfoque Metodológico	50
Contextualización área de estudio	51
Ruta Metodológica	52
Fase 1: Experimentación con cultivos de microalgas	53
Simulación de medios de diferente trofía	57
Crecimiento poblacional	58
Luz diferenciada	59
Capsulas de alginato	59
Fase 2: Talleres teórico-prácticos sobre los flujos en los sistemas acuáticos	61
Fase 3: Validación del material educativo	62
Discusión de resultados	63
Fase 1: Experimentación con cultivos de microalgas	63
Crecimiento poblacional	63
Luz diferenciada	67

Capsulas de alginato	70
Fase 2: Talleres teórico-prácticos sobre los flujos en los sistemas acuáticos	71
Revisión documental de materiales educativos	72
Contenido	74
Diseño de los Talleres	75
Fase 3: Validación del material educativo	79
Validación interna	79
Validación a través de Implementación.....	80
Validación a través de maestros de Bogotá	83
Conclusiones	99
Bibliografía	105

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Interacciones en el Ecosistema Acuático (Roldán y Ramírez, 2008, p.16)	28
Figura 2. Rutas del ciclo hidrológico (Roldán y Ramírez, 2008, p.22)	30
Figura 3. Ecosistemas acuáticos oligotróficos y eutróficos. Recuperado de: https://www.biologiasur.org/index.php/teoria/los-sistemas-fluidos-terrestres-externos/impactos-sobre-la-hidrosfera	33
Figura 4. Funcionamiento básico de un ecosistema. Aquí se evidencian las entradas y salidas de energía del ecosistema y el flujo que se da entre los organismos en los distintos niveles tróficos (Naeem et al., 1999, p.6).	34
Figura 5. Ciclo hidrológico en el que se evidencian los principales movimientos del agua: precipitación, evaporación y escorrentía (IDEAM, 2015)	35
Figura 6. Flujo de materia y energía en un ecosistema. Recuperado de: http://funed-la-biologiasecundaria.blogspot.com/p/grado-decimo.html	37
Figura 7. Procedimiento de réplica de cepa de microalga en medio de mecheros encendidos (Elaboración propia)	55
Figura 8. Nuevos medios de cultivo que poseen la cepa de microalga (izquierda) y los materiales que le permitirán la entrada y salida de gases (derecha). (Elaboración propia)	55
Figura 9. Nuevos medios de cultivo con adecuación de condiciones óptimas (Elaboración propia)	56
Figura 10. Soluciones stock con concentraciones de nitrógeno y fósforo simuladas para dos trofías diferenciadas. (Elaboración propia)	58
Figura 11. Medios de cultivo con trofías diferenciadas (izquierda) y cámara de Neubauer al microscopio (derecha). (Elaboración propia)	58
Figura 12. Esquema para el experimento con los cultivos de microalgas en sólido. (Elaboración propia)	59
Figura 13. Esferas de alginato de calcio con solución algal (Delgadillo, 2014)	60
Figura 14. Capsulas de alginato con solución algal en botellas de cultivo Fed-batch (Delgadillo, 2014)	61
Figura 15. Crecimiento poblacional diario estimado en #células/ml para medio de cultivo Oligotrófico.	64
Figura 16. Crecimiento poblacional diario estimado en #células/ml para medio de cultivo Eutrófico.	64
Figura 17. Contraste del crecimiento poblacional estimado en #células/ml para ambas trofías.	65
Figura 18. Evidencia visual del crecimiento poblacional en los dos medios con trofia diferenciada.	66
Figura 19. Medios de cultivo en solido de las dos trofías con variable de luz diferenciada.	67
Figura 20. Medios de cultivo en solido de las dos trofías con variable de luz diferenciada.	68
Figura 21. Medición de crecimiento a través del diámetro de esta unidad.	68
Figura 22. Crecimiento de microalga en montajes con luz.	69

Figura 23. Crecimiento de microalga en montajes sin luz.	69
Figura 24. Desprendimiento de burbujas por minuto de conteo	71
Figura 25. Caratula y portada del material educativo (Elaboración propia)	75
Figura 26. Parte inicial de cada taller, en él se relaciona el nombre de cada taller, la temática, preguntas orientadoras, tiempo y actividades previas.	77
Figura 27. Segunda parte en la metodología de cada taller, donde se estiman las orientaciones pedagógicas y las recomendaciones para el desarrollo del mismo.	78
Figura 28. Tercera parte en la metodología de cada taller, en esta se encuentran las actividades posteriores que debe desarrollar el docente para preparar el próximo taller.	79
Figura 29. Fotografía del taller de reconocimiento de microalgas en sistemas acuáticos en colegio Bachillerato Patria (Muñoz, 2018).....	81
Figura 30. Fotografía del taller de reconocimiento de microalgas en sistemas acuáticos en colegio Institución Educativa Distrital Luis Eduardo Mora Osejo (Moreno, 2018).....	82
Figura 31. Porcentaje Criterio “letra y estética”	85
Figura 32. Porcentaje Criterio “organización y contenido”.....	86
Figura 33. Porcentaje Criterio “material gráfico”.....	87
Figura 34. Porcentaje Criterio “Narrativa visual”.....	88
Figura 35. Porcentaje Criterio “Ortografía”	89
Figura 36. Porcentaje Criterio “Temáticas del taller”	90
Figura 37. Porcentaje Criterio “Fundamentación teórica”	91
Figura 38. Porcentaje Criterio “metodología paso a paso”	92
Figura 39. Porcentaje Criterio “Bibliografía”	93
Figura 40. Porcentaje Criterio “coherencia con las temáticas”	94
Figura 41. Porcentaje Criterio “coherencia de los procedimientos”	95
Figura 42. Porcentaje Criterio “coherencia con la apropiación del recurso hídrico”.....	96

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Macronutrientes y micronutrientes que componen el Bold's Basal Medium (Adaptado de Delgadillo, 2014 y Watanabe, 2005)	54
Tabla 2. Concentraciones simuladas de fósforo y nitrógeno en los reactivos de BBM (Delgadillo, 2014, p.29)	57
Tabla 3. Elementos evaluativos del material educativo propuestos por el equipo de investigación (2018)	83
Tabla 4. Respuestas a los criterios de la categoría <i>Diseño</i>	84
Tabla 5. Respuestas a los criterios de la categoría <i>Contenido</i>	89
Tabla 6. Respuestas a los criterios de la categoría <i>Finalidad</i>	93

Introducción

El presente trabajo de grado pretende diseñar un material educativo dirigido a maestros de biología de Bogotá, a partir del cultivo de microalgas para la enseñanza de los flujos de materia, energía e información. Con esto se plantearon tres objetivos específicos que incluyen; experimentar con microalgas para comprobar estos flujos en los sistemas acuáticos, la elaboración de talleres teórico-prácticos que recojan la experimentación y sinteticen su contenido y, la validación del material educativo con maestros de biología del distrito capital.

Entendiendo que Bogotá posee un amplio potencial hídrico, se evidencia el desconocimiento de estos recursos y su importancia ecológica para el sostenimiento de la vida, por tal motivo, se plantea el diseño del material educativo para docentes de biología basado en los cultivos de microalgas, con el propósito de visibilizar desde el aula de clase, el recurso hídrico y los organismos allí presentes, fortaleciendo la visión sistémica desde la dinámica y funcionamiento del ecosistema.

Por lo tanto, partiendo desde la metodología del paradigma interpretativo y el enfoque mixto de investigación, se propusieron tres fases metodológicas que pretendieron dar cumplimiento a los objetivos; la primera consiste en la realización de prácticas experimentales con cultivos de microalgas, con el fin de evidenciar y estandarizar protocolos científicos que posibiliten la enseñanza de los flujos de materia, energía e información.

La segunda fase propone el planteamiento de talleres teórico-prácticos, articulando el conocimiento de diferentes autores y los protocolos de cultivo de microalgas, facilitando la enseñanza de la ecología en contextos educativos y, en la tercera y última fase, se hace una evaluación del material educativo con diferentes maestros tanto internos como externos de la Universidad, con el fin de hacer evidente la pertinencia del presente instrumento didáctico en el reconocimiento del recurso hídrico.

Finalmente, se resaltan que el material educativo como herramienta didáctica en la enseñanza de la ecología, tuvo una alta pertinencia y acogida por los diferentes maestros, puesto que, el uso de las microalgas permite visibilizar de forma práctica

y contundente el flujo de materia, energía e información, además de ser un instrumento asequible para su uso y manejo en cualquier contexto colombiano, lo cual da la posibilidad, de conocer y apropiarse el recurso hídrico como un derecho y deber de los bogotanos.

Planteamiento del problema

Bogotá presenta un amplio potencial ecológico con diversidad de ecosistemas que lo caracterizan. Uno de los principales ecosistemas y más nombrados en todo el distrito es el río Bogotá y no precisamente por su valor ecosistémico, sino por la cantidad de agentes contaminantes y problemáticas ambientales, sociales, culturales y políticas que se han presentado en las últimas décadas.

Este río es uno de los tantos sistemas acuáticos que presenta la capital, entre los que se encuentran ríos y riachuelos de primer y segundo orden, y también algunos ecosistemas de transición como lo son los humedales.

Cómo todo ecosistema, estos presentan diversidad de dinámicas ecológicas que se han visto alteradas por el desarrollo antrópico causal de crisis ambientales. Uno de los factores que ha favorecido la persistencia de estas problemáticas es el descuido de los recursos hídricos que rodean a la sociedad Bogotana; este descuido es provocado por el desconocimiento de la importancia del recurso hídrico y a su vez, de las dinámicas ecológicas que allí se presentan y son esenciales para el mantenimiento y funcionamiento de los ecosistemas. Otro factor vinculado a esta problemática es el descuido asociado a las prácticas de los bogotanos, esto es, la falta de conciencia respecto a las consecuencias que acarrearán las acciones cotidianas y, el desinterés que emerge del temor a cambiar estas formas de vida.

Un aspecto también relegado de los sistemas acuáticos de la ciudad es el de los microorganismos que habitan estos ecosistemas, que casi siempre se reducen desde la percepción ciudadana a “agentes infecciosos” provocados por los contaminantes que son arrojados a diario a estos cuerpos de agua. Muchos de estos organismos han permanecido a través de los tiempos y otros se han adaptado a las nuevas características que presentan estos ecosistemas y permiten que funcionen. Entre estos organismos encontramos las microalgas perifíticas y fitoplanctónicas que se convierten en un potencial biológico rico en diversidad y en factores ecológicos asociados a la dinámica y mantenimiento de estos sistemas.

Por otro lado, la experimentación en laboratorio a partir de las microalgas en los colegios del distrito ha sido muy reducida, por desconocimiento, falta de acompañamiento o simplemente porque no se encuentra la bibliografía necesaria dentro de los materiales de los docentes para potenciar la enseñanza a través de dichos organismos. Teniendo en cuenta lo anterior, surge la pregunta problema por: ***¿De qué manera se puede contribuir a la apropiación del recurso hídrico en Bogotá a partir del diseño de material educativo para docentes del distrito capital basado en los cultivos de microalgas?***

Justificación

Reconocer que Bogotá es un vasto territorio, con un amplio panorama de recursos hídricos que constituyen la cuenca más grande del altiplano cundiboyacense y que está conformada por una diversidad de ecosistemas comprendidos entre páramos, ríos, humedales, y lagos entre otros, permite entender que esta región posee una riqueza de recursos y condiciones favorables para la diversidad de especies que allí subsisten.

Los ecosistemas acuáticos presentes en Bogotá representan un potencial hídrico interesante, ya que el tamaño y relevancia de la cuenca en materia biológica y social le dan un marco importante a la hora de hablar del agua como un recurso, en donde se presentan interacciones que trascienden desde lo biológico y lo ecológico, hasta lo social y lo político, permitiendo diversidad de dinámicas asociadas al consumo y aprovechamiento del agua para el desarrollo de la humanidad.

A su vez, las microalgas asociadas a estos cuerpos de agua son de vital importancia en la dinámica y mantenimiento de los sistemas acuáticos de Bogotá, ya que permiten tejer relaciones ecológicas intraespecíficas e interespecíficas que convergen en el flujo de materia, energía e información necesario para el mantenimiento de la vida.

Estos dos aspectos: el potencial hídrico de Bogotá y las microalgas asociadas a estos ecosistemas; han permitido pensar en la urgencia de generar procesos educativos que faciliten entender dichas relaciones ecológicas y a su vez el funcionamiento de los sistemas acuáticos para su dinámica y mantenimiento. Esto de la mano con proyectos que se puedan articular a los colegios del distrito y permitan facilitar la enseñanza de temáticas propias de la ecología. Para ello, es indispensable la conformación de un vínculo con los docentes de biología del distrito que permita facilitar la enseñanza de dichas temáticas y resalte el valor intrínseco de los cuerpos de agua sujeto a la apropiación de este recurso por parte de los estudiantes de básica secundaria.

Los maestros del distrito tienen un papel importante en el proceso de enseñanza y aprendizaje que se da en las instituciones educativas, ya que son ellos quienes se

han formado para propiciar y fortalecer los espacios educativos y así generar procesos pedagógicos de reflexión con sus estudiantes, para que ellos no solo accedan al conocimiento sino que también contribuyan en su construcción.

Para un licenciado en biología es importante este tipo de proyectos de investigación ya que permite pensar la manera de abordar temáticas propias de la biología y en este caso de la ecología, y así diseñar materiales educativos que permitan entender dinámicas ecológicas de los recursos hídricos de Bogotá a través de la experimentación con cultivos de microalgas para apropiar y resignificar los sistemas acuáticos desde la práctica docente de los maestros del distrito.

Este rol investigativo del docente le compromete a reflexionar la práctica educativa y a su vez a generar impacto en su contexto inmediato mediante el abordaje de temas de interés que surjan de las necesidades propias de su realidad. Y en ese mismo sentido, para el grupo de investigación Cascada y principalmente para la línea de investigación *La Ecología en la Educación Colombiana* es importante desarrollar este tipo de proyectos ya que se orientan en el estudio, caracterización y configuración de las prácticas y discursos alrededor de la ecología y su enseñanza, para contribuir de manera integral en la educación colombiana desde los diferentes enfoques epistemológicos.

Objetivos

Objetivo general

- Diseñar un material educativo dirigido a maestros de biología de Bogotá, a partir del cultivo de microalgas para la enseñanza del flujo de materia, energía e información de los sistemas acuáticos.

Objetivos específicos

- Experimentar con cultivos de microalgas comprobando su utilidad para la enseñanza de los flujos de materia, energía e información.
- Elaborar talleres teórico-prácticos utilizando cultivos de microalgas para la enseñanza de los flujos de materia, energía e información.
- Validar el material educativo con maestros de biología del distrito, proponiendo los flujos de materia, energía e información como eje de reflexión sobre el uso e importancia del recurso hídrico.

Antecedentes

A través de la revisión documental de los trabajos de grado, investigaciones y publicaciones relacionadas en el campo de esta investigación y teniendo en cuenta los conceptos estructurantes que organizan el horizonte del presente trabajo, se relacionan a continuación los siguientes documentos:

Antecedentes Internacionales

Canziani et al. (2005) en el proyecto de investigación denominado “*Metodología Integrada para el Diagnóstico y Gestión de Ecosistemas Acuáticos Lénticos*” tienen como objetivo primordial el conocimiento de los ambientes acuáticos lénticos de la región para responder a las necesidades actuales, y que resulte en un ordenamiento adecuado para la conservación de estos complejos ecosistemas. Para ello se propone la creación de instrumentos novedosos de observación, modelización y monitoreo que se basan en la integración de la información generada por diferentes instrumentos de la Constelación Matutina en un análisis multitemporal y espacial diferenciado de ecosistemas lénticos continentales. La metodología contempla varias fases entre las que se encuentran la revisión documental, el trabajo en campo por dos años en el cual se recolectará la información y se hará seguimiento de cada ambiente, se realizarán mapeos y, la sistematización y caracterización de los datos de las lagunas estudiadas para el análisis de los resultados. Entre los resultados relevantes se encuentra que este proyecto aporta un sustento sobre el impacto del uso de los suelos en la calidad del recurso hídrico, lo cual interviene en las políticas ambientales globales en términos de la sustentabilidad y la utilización de estos ecosistemas acuáticos. Es de resaltar los estudios ecológicos que se llevan a cabo teniendo en cuenta los diagnósticos de las dinámicas ecológicas que se presentan en los ecosistemas acuáticos.

Badillo et al. (2010) en el taller “*Fitoplancton y productividad primaria*” condensado en el *Manual de Prácticas de Ecología Acuática* tiene como objetivo determinar mediante dos técnicas de laboratorio la productividad primaria en un ecosistema costero e identificar la importancia de los productores primarios en la red trófica de estas zonas. Este documento permite sentar las bases para el procedimiento que

se debe llevar a cabo en la medición de la tasa de productividad primaria en un ecosistema acuático marino, mostrando así algunos procesos como el método de la botella oscura y clara y, el método de extracción y cuantificación de clorofila-a. Este manual es enfocado en el desarrollo de actividades profesionales de docencia y de investigación con el fin de que el estudiante conozca y aplique las herramientas prácticas para realizar desde la evaluación de los recursos hasta el diagnóstico, para caracterizar y describir los ecosistemas, de tal forma que le permitan el entendimiento de los procesos biológicos que ahí se llevan a cabo; en ese sentido es de vital importancia este trabajo ya que asocia el factor investigativo como una herramienta educativa y didáctica para la construcción de un manual con temas de ecología.

Gonzales y Pérez (2011) en el trabajo titulado "*Influencia del material educativo ambiental en el aprendizaje significativo de los estudiantes de la I.E Sagrado Corazón de Jesús*" buscan demostrar y analizar la influencia del material educativo ambiental en el aprendizaje de los estudiantes de una Institución de San Martín Perú. La investigación de tipo aplicada y de nivel experimental se realizó de acuerdo al diseño preexperimental con preprueba y posprueba aplicado a 25 estudiantes (muestra de estudio). Los datos fueron recolectados aplicando el instrumento de investigación denominado: Prueba para medir el aprendizaje significativo en el área de Ciencia y Ambiente, del cual se resalta como uno de los principales resultados encontrados el uso de material educativo ambiental que ha influido en el aprendizaje significativo en los estudiantes de la Institución Educativa. También es importante mencionar que el material educativo diseñado tuvo un proceso de validación a través de la influencia de este en el aprendizaje significativo de los estudiantes inmersos en la investigación.

Duró et al. (2014) en la investigación titulada "*Colecciones Biológicas de Referencia (ICM-CSIC): desde la investigación hasta la difusión de la biodiversidad marina*" pretenden mejorar el acceso a la base de datos de las Colecciones Biológicas de Referencia (CBR) para extender el uso e internacionalización de la información científica y, ampliar las colecciones principalmente mediante los proyectos de investigación llevados a cabo desde el instituto de Ciencias del Mar (ICM) o en colaboración con otras instituciones científicas a fin de obtener el mayor número posible de especies presentes en las principales zonas de estudio del ICM, especialmente el Mar Mediterráneo. La metodología propuesta consiste en una revisión documental, descripción de las instalaciones del ICM, descripción de las colecciones Biológicas de Referencia y por último la discusión de los resultados. A modo de conclusión este proyecto presenta una valoración de las colecciones

biológicas de fauna marina como un patrimonio de historia natural y, resalta la importancia científica de estos fondos como una herramienta para la comunidad científica nacional e internacional.

Escuredo (2014) en su tesis titulada “*Evaluación de la biomasa producida por la microalga Haematococcus sp. y la inducción a la carotenogénesis bajo diferentes condiciones de cultivo*” pretende evaluar el crecimiento de *Haematococcus sp.* con cuatro medios de cultivo alternativos y el control Medio Basal Bold (MBB) a tres intensidades de luz; evaluar la biomasa producida mediante el número de células, el peso seco total y orgánico, y la composición bioquímica (proteínas, carbohidratos, lípidos totales y ácidos grasos), de *Haematococcus sp.* utilizando dos medios de cultivo elaborados a base de fertilizantes agrícolas y el MBB como control; y finalmente, evaluar la producción de carotenoides totales de *Haematococcus sp.* inducida con altas intensidades de luz y limitación de nutrientes. Una importante reflexión que surge de esta tesis es la caracterización de la experimentación con diferentes medios de cultivo para valorar la productividad celular, haciendo énfasis en la composición bioquímica para el aumento de la biomasa.

Braida, Campot, Nervi y Tartaglia (2015) en la tesis denominada “*Aplicaciones del cultivo de microalgas en arquitectura sustentable*” tienen como objetivo generar una colección de microalgas de agua dulce para llevar a cabo pruebas de concepto sobre la generación de biocombustibles y bioelectricidad y además, diseñar un fotobiorreactor de placa plana a escala piloto para el cultivo de microalgas con el fin de ser instalado en el establecimiento escolar “*Una escuela sustentable*”. Este trabajo llama la atención ya que muestra a las microalgas como recurso biotecnológico para hacer pruebas de laboratorio y experimentación en términos de su productividad para el uso industrial. En la metodología fue constante la experimentación; la primera fase metodológica consistió en la revisión documental y construcción de los diferentes medios de cultivo en laboratorio; la segunda fase contempló la generación del banco de microalgas a partir de muestras recolectadas en todo el territorio nacional de Uruguay; la tercera fase tuvo su desarrollo en la experimentación con las microalgas en laboratorio para los diferentes usos; y, finalmente la cuarta fase consistió en el análisis de lo obtenido a través de la experimentación. Los principales resultados arrojaron tasas altas en la productividad de las microalgas que pueden ser utilizadas para uso industrial. De las cepas estudiadas, la *Choricysits minor* presentó la mayor velocidad específica de crecimiento.

Crisci et al. (2017) en el documento “*Dinámica ecosistémica y calidad de agua: estrategias de monitoreo para la gestión de servicios asociados a Laguna del Sauce (Maldonado, Uruguay)*” pretenden contribuir a la comprensión de los procesos ecosistémicos, tomando como caso de estudio una de las principales fuentes de agua del país. La metodología propuesta gira en torno a la sistematización de la información hoy disponible en lo referente al monitoreo y al análisis de variables de calidad de agua; a la evaluación de los distintos sistemas de monitoreo y, a la identificación de los principales avances, dificultades y desafíos del actual sistema de seguimiento. Esta investigación es importante ya que abarca el estudio limnológico de un complejo de sistemas acuáticos para el análisis de la dinámica ecológica y su calidad de agua.

Antecedentes Nacionales

Arcos-Pulido y Gómez (2006) en el artículo “*Microalgas perifíticas como indicadoras del estado de las aguas de un humedal urbano: Jaboque, Bogotá D.C., Colombia*”, presentan un estudio de bioindicación por medio de microalgas y las características de eutrofización del ecosistema acuático de humedal en medio de una zona de conurbación en Bogotá. Los resultados mostraron que las algas perifíticas representan una de las comunidades con mayor variabilidad espacial en términos de biomasa y composición, además de mostrar diferencias espaciotemporales en términos de composición, abundancia, contribución y sucesión de los grupos de microalgas durante las etapas de colonización y en cada una de las estaciones. Este documento llama la atención ya que realiza un acercamiento a las microalgas como factores determinantes de la calidad de agua y el estado ecológico de los sistemas acuáticos de la ciudad de Bogotá.

Moreno (2012) en el trabajo de grado titulado “*Diseño de un manual guía del docente para el estudio limnológico de ecosistemas acuáticos para el fortalecimiento de conceptos científicos en estudiantes de educación media*” busca diseñar una herramienta didáctica para docentes que pueda acercar a los estudiantes de educación media de manera estratégica al conocimiento científico de los sistemas acuáticos. Para esto, realiza una revisión documental sobre los estudios de limnología y la enseñanza de la ecología a través de la metodología de salida de campo y el reconocimiento de las problemáticas ambientales, además de identificar los organismos presentes en los cuerpos de agua de Bogotá,

principalmente en el Humedal la Conejera. Además, expone una propuesta de enseñanza de dicho tema por medio de la construcción de un material pedagógico que es presentado como una guía para los docentes. Este trabajo se resalta gracias a que desarrolla un material didáctico dirigido a los docentes que posibilita la enseñanza y el fortalecimiento de conceptos científicos de los ecosistemas acuáticos.

García (2013) en el trabajo titulado “*Las colecciones biológicas como estrategia didáctica generadora de aprendizajes significativos en ciencias naturales y educación ambiental*” tiene como objetivo general el diseñar e implementar una propuesta didáctica para desarrollar y optimizar el uso y el aprovechamiento didáctico de un vivario entomológico que genere actitudes positivas hacia el aprendizaje de las ciencias naturales y educación ambiental, en los estudiantes de noveno grado. Esta investigación tuvo un enfoque cualitativo, para ello se realizó una fase de investigación que consistió en la recopilación y presentación sistemática de datos cualitativos de la situación en estudio. Se resalta de esta investigación una de las conclusiones con mayor resultado; la elaboración de una unidad didáctica a partir de una colección biológica sobre formas de vida de entomología para generar aptitudes positivas de aprendizaje de las ciencias naturales.

Gordillo, Orjuela y Salas (2015) en el trabajo titulado “*Uso responsable del recurso hídrico*” tiene como objetivo establecer estrategias que permitan fomentar el uso responsable del recurso hídrico en los estudiantes del curso 904 de la Institución Educativa Departamental El Tequendama, para lo cual se establecen una serie de estrategias con los estudiantes para el manejo adecuado del agua y, se planean y efectúan diseños con estrategias que contribuyan a la disminución del consumo de agua. Su metodología está inmersa en la incursión en la institución para caracterizar los usos y manejos que se le da al recurso hídrico para luego desarrollar talleres que permitan sensibilizar y apropiar a los estudiantes y padres sobre la necesidad de cuidar el agua. Entre las principales conclusiones se destaca el desarrollo de actividades pedagógicas involucrando talleres que permiten a los estudiantes apropiarse del recurso hídrico.

Hincapié (2016) en el trabajo de grado titulado “*Intervención didáctica basada en las TIC, como estrategia para la enseñanza del flujo de energía en los ecosistemas de Desierto. Estudio de caso en el colegio Calasanz Medellín*” diseñó, implementó y evaluó la intervención didáctica con estudiantes de séptimo grado desarrollando la temática de flujos de energía en un ecosistema de desierto. Este trabajo se desarrolla metodológicamente bajo la investigación cualitativa teniendo en cuenta

la realidad social de la institución que se trabajó, basado en cinco fases de desarrollo: Caracterización de las estrategias metodológicas (revisión bibliográfica); diseño y construcción de la intervención didáctica; intervención en el aula mediante el desarrollo de las actividades; evaluación de la intervención en el aula (resultados y análisis); y finalmente el desarrollo de las conclusiones y recomendaciones a futuros trabajos. Entre las principales conclusiones se evidencia que no se encuentran producciones innovadoras que proyecten el ámbito educativo escolar más allá del ejercicio teórico y en ese sentido las estrategias de enseñanza generan una apertura en el panorama sobre el cual los maestros actúan de tal modo que pueden ir más allá de las concepciones y formas rutinarias o tradicionales de sus prácticas y en su lugar, incorporan nuevas tecnologías de la comunicación y la información. Se considera este un insumo significativo a la problematización dada para el presente proyecto de investigación y a los alcances que su desarrollo podría tener.

Vacca, Angulo, Puentes, Torres y Plaza (2017) en la investigación denominada “*Uso de la microalga Chlorella sp. viva en suspensión en la decoloración del agua residual de una empresa textil*” tienen como objetivo la experimentación con la microalga *Chlorella sp.* para evaluar la capacidad de eliminación del colorante. Su metodología principal consiste en la experimentación con la microalga en agua residual y la productividad de su cultivo en la remoción del colorante por acción enzimática. Entre los resultados de esta investigación se puede evidenciar la pertinencia de la experimentación con microorganismos, específicamente con algas para el uso industrial. Esta investigación es pertinente mencionarla ya que la experimentación con microalgas es poco común y además demuestra que el estudio de estos microorganismos permite evidenciar procesos biológicos que pasan en la vida microscópica y que permiten entender sus dinámicas ecológicas.

Antecedentes Locales

Delgadillo y Góngora (2008) desde su trabajo de grado titulado “*Reestructuración de la ficoteca de la Universidad Pedagógica Nacional como estrategia didáctica que contribuya en la enseñanza y aprendizaje de conceptos biológicos dentro del Departamento de Biología*” proponen apoyar los procesos de enseñanza y aprendizaje de conceptos biológicos que se desarrollan en el departamento de biología a partir de la generación de materiales educativos y la organización del material biológico contenido en la ficoteca de la Universidad Pedagógica Nacional

con el fin de resaltar el valor de la colección de microalgas como estrategia didáctica para brindar apoyo y servicio a las actividades de docencia. La metodología implementada se divide en cuatro fases y consiste principalmente en el diagnóstico para identificar las concepciones y necesidades de estudiantes y profesores en el departamento de biología, la curaduría de las muestras en la ficoteca de la Colección de Insectos Acuáticos (CIA), el diseño y elaboración del material educativo, y por último la fase de aplicación y validación de la estrategia propuesta. Este trabajo se resalta ya que aporta en la producción de material educativo a partir de las microalgas presentes en la CIA. A modo de conclusión se evidencia la importancia de las colecciones biológicas como la ficoteca para orientar los procesos de enseñanza y aprendizaje dentro del departamento de biología, así como la sistematización del material biológico como aporte a la estructuración de la colección para su mejor uso y funcionamiento.

Riaño (2009) en el trabajo titulado "*Diseño de una guía metodológica sobre productividad primaria para estudiantes de básica secundaria del colegio gimnasio campestre*" resalta la importancia de trabajar conceptos ecológicos como el de la productividad con estudiantes de secundaria para fomentar la investigación y, paralelamente desarrolla guías educativas que sirven como herramientas tanto para el maestro como para el estudiante, que motivan y orientan al educando hacia la adquisición de aprendizajes a través de actividades que deben desarrollar de forma individual o colectiva. La metodología propuesta se divide en tres fases que corresponden a la documentación y planeación, elaboración del diseño experimental y por último, el diseño y la evaluación de la guía metodológica. Como conclusión se resalta la pertinencia de la elaboración de la guía y el diseño experimental en términos de la experimentación ecológica para el estudio de la productividad primaria neta a partir de la hojarasca en bosque alto andino y la articulación con procesos educativos mediante la guía.

González (2009) propone el "*Diseño y validación de una guía ilustrada del museo de biología como instrumento didáctico para la enseñanza de la taxonomía y sistemática en el colegio mayor de san Bartolomé*" esto con el fin de fortalecer los procesos de enseñanza de los conceptos de sistemática y taxonomía en estudiantes de secundaria, también con el objetivo de fortalecer el uso del museo de biología mediante el diseño de un material didáctico y así validar la guía ilustrada como instrumento que posibilita el proceso de enseñanza-aprendizaje. De este trabajo se destaca el uso del museo de biología y las colecciones biológicas como instrumento didáctico para la enseñanza de algunos elementos de la biología. Su metodología se divide en cinco fases de desarrollo: primero la recolección de documentación y

revisión bibliográfica sobre la guía y los conceptos estructurantes; segundo, la adecuación del museo de biología de la institución; tercero, el diseño y construcción de la guía ilustrada; cuarto, la validación de la guía a través de diferentes actores, de la UPN, del colegio y estudiantes, y; por último la realización de ajustes y presentación de análisis de resultados. Las principales conclusiones que se lograron resaltar fueron las siguientes: este tipo de material didáctico permite una integración al museo de biología del colegio por parte de los docentes y estudiantes; la guía ilustrada permite la interacción de lo didáctico y lo biológico en la enseñanza de los conceptos estructurantes del trabajo; la función social de los educadores no se limita a permanecer en un aula si no que permite explorar diversos espacios como en el caso del museo para potenciar el aprendizaje; y por último, se reveló que la guía facilita la participación y el manejo de la creatividad por parte de los docentes y estudiantes para el desarrollo de conceptos biológicos.

Camargo y Toba (2010) en su trabajo de grado titulado *“Criterios educativos de una clave interactiva de algas, para ser incorporada en el aula a través de una estrategia educativa para fortalecer habilidades científicas en estudiantes de licenciatura en biología de la Universidad Pedagógica Nacional”* proponen diseñar y validar una clave interactiva como estrategia educativa para la determinación de algas. Uno de los objetivos de este trabajo y que más llama la atención es la intención de contribuir al desarrollo de recursos educativos como estrategia que complemente la enseñanza de la diversidad biológica y ecológica de las algas dentro del Plan Curricular de la Licenciatura en Biología (PCLB). Metodológicamente se desarrolló en seis fases. La primera consistió en la revisión documental y bibliográfica; la segunda fase (fase de laboratorio) se realizó revisión y curaduría de las muestras de algas de la ficoteca del DBI; la tercera se desarrolló la herramienta interactiva para la identificación de algas; la cuarta fase se contextualizaron las ideas previas de los estudiantes conforme a la taxonomía e identificación de algas; la quinta fase (validación y análisis) se validó la herramienta interactiva a partir de diferentes actores (expertos, estudiantes y profesores del DBI); y por último, se diseñó la estrategia educativa a partir de un software. De los resultados de este trabajo se puede concluir que el aula de clase del DBI de la UPN necesita de la incursión de nuevas tecnologías que puedan innovar las herramientas educativas que se usan a partir del material biológico; también que la utilización de las colecciones biológicas y principalmente de la ficoteca del DBI de la UPN sirven como una estrategia didáctica para apoyar los procesos de enseñanza de la biología ya que están representan un valor incalculable desde diferentes aspectos.

Arenas, Morales y Villamarín (2010) en su trabajo de grado “*Estrategia didáctica para el uso adecuado del recurso hídrico: una alternativa para educar ciudadanos ambientalmente responsables, en una comunidad del barrio Mirador de la Estancia segundo sector localidad diecinueve de ciudad bolívar, Bogotá D.C. Colombia*” proponen contribuir a la educación de ciudadanos ambientalmente responsables frente al recurso hídrico teniendo en cuenta actitudes, conceptos y comportamientos que emergen a partir de un proceso de Investigación Acción Participativa en la comunidad. El plan de trabajo de esta investigación consiste principalmente en la construcción de una cartilla con el nombre de “acuamigos” como estrategia didáctica y, la realización de talleres como instrumento estratégico para el desarrollo de situaciones formativas o educativo-ambientales. También, desde el enfoque de la IAP se realiza un proceso permanente de construcción de conocimiento para la interpretación y comprensión de realidades ambientales particulares. De las principales conclusiones y que hace alusión al énfasis de este proyecto es el que hace alusión al material que se construyó como una estrategia educativa y del mismo modo a la realización de los talleres, ya que permitieron acercarse al recurso hídrico desde el cambio de paradigma antropocentrista al ecológico en pro de la conservación.

Ojeda (2015) en su trabajo de grado titulado “*Mitos del agua: un camino para la enseñanza-aprendizaje del cuidado y conservación de los ecosistemas acuáticos de Bogotá*” tiene como objetivo proponer una estrategia pedagógica basada en los mitos del agua, de las diferentes culturas indígenas colombianas. Esta investigación tuvo tres fases de desarrollo, las dos primeras fases metodológicas consisten en la indagación y análisis de los mitos encontrados sobre el agua y una última fase consiste en el diseño de la estrategia pedagógica. Se resalta dentro de las conclusiones de este trabajo el uso de estrategias pedagógicas para la apropiación y conservación de los sistemas acuáticos de Bogotá con comunidad ancestral fomentando la restructuración de paradigmas de pensamiento y de vida de las personas para la re significación de dichos ecosistemas.

Parra (2016) en el trabajo titulado “*Construcción de un recurso educativo natural para la enseñanza de microalgas dirigido a estudiantes de grado cuarto del Instituto Pedagógico Nacional*” propone la construcción de un espejo de agua como recurso educativo para enseñar elementos básicos de biología a través de la experimentación con microalgas. Se destaca por la importancia que le da a las aulas vivas como recurso importante para la enseñanza de la biología y principalmente por aproximar a los estudiantes al conocimiento de la vida microscópica a partir de

la experimentación con microalgas. Desde un enfoque positivista, esta trabajo desarrolla su metodología bajo los lineamientos del diseño experimental y tuvo dos fases de desarrollo: la fase experimental en donde se diseñó y construyó el recurso educativo (espejo de agua) y se sembraron las microalgas y; la fase pedagógico didáctica para articular el diseño cuasi experimental a la práctica pedagógica con estudiantes de grado cuarto. Uno de los principales resultados que se obtuvo de este trabajo es que se pudo evidenciar dinámicas poblacionales desde la comprensión ecológica de las microalgas y sus interacciones en un medio artificial a partir de la experimentación como recurso educativo.

Medellín, Vargas y Ojeda (2016) en el texto *“Encuentro de experiencias, relatos sobre la enseñanza de la biología a través de los trabajos prácticos”* recogen las reflexiones y experiencias de los maestros y estudiantes de la licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional con el fin de materializar una mirada alrededor de los trabajos prácticos de los maestros de biología, que tuviesen un potencial de proyección significativo y por tanto, construyeran insumos para la comprensión del “cómo” y “desde qué referentes se enseñan las ciencias naturales”, además de ser un texto que invita a leerse desde la convicción de la autoevaluación y coevaluación de los maestros como pares académicos que asumen dicho proceso de forma crítica como posibilidad de pensar distinto. El texto está estructurado en cinco apartados: los tres primeros muestran las construcciones pedagógicas y didácticas de los profesores y, los dos últimos capítulos están dedicados a las reflexiones de estudiantes y egresados en compañía de maestros donde se exponen los retos y perspectivas a las que los docentes se ven enfrentados. Este texto es importante ya que evidencia los trabajos prácticos formulados mediante talleres como un material educativo para la enseñanza de la biología.

Rivera (2018) en su trabajo de grado titulado *“Prácticas experimentales con microalgas: enseñar conceptos de biología a maestros de biología en formación a partir de la ficoteca”* propone el diseño de una estrategia didáctica desde las prácticas de laboratorio utilizando la ficoteca para la enseñanza de conceptos biológicos a los maestros en formación del DBI-UPN; para ello propone la implementación de protocolos de laboratorio desde el uso de microalgas, desarrolla material didáctico digital y realiza la validación de las unidades experimentales mediante egresados y maestros en formación. La metodología propuesta tiene tres partes de desarrollo: la primera fue la determinación de conceptos estructurantes y protocolos de laboratorio; la segunda fue el diseño de material educativo digital; y la tercera, la validación de las unidades experimentales a través de un grupo representativo entre egresados y maestros en formación. Este trabajo deja como

resultado principal un material didáctico digital que se encuentra orientado a la formación docente y que permite entender la complejidad celular desde las microalgas contenidas en la ficoteca a partir de la experimentación y la fundamentación teórica, partiendo desde lo general hasta lo particular. Es de resaltar que este trabajo es enfocado a la experimentación con cultivos de microalgas con el fin de diseñar material educativo, aspecto relevante dado que es el objetivo que orienta el actual trabajo de grado.

Marco teórico

Para la elaboración y desarrollo del trabajo de grado propuesto se reconocen los siguientes conceptos estructurantes que permitirán abordar la temática y dar solución a la problemática, entre ellos se encuentran conceptos que pertenecen a aspectos ecológicos como lo son las dinámicas ecológicas de los sistemas acuáticos, los cultivos de microalgas y los flujos de materia, energía e información asociados a estos. Por otro lado se tienen en cuenta otros conceptos estructurantes como lo son la apropiación del recurso hídrico, las colecciones biológicas vivas y el material educativo, que servirán para dar el abordaje pedagógico del tema de interés. A continuación se desarrollan los conceptos estructurantes:

Dinámicas Ecológicas de los Sistemas Acuáticos

El agua tiene muchas propiedades físicas y químicas extraordinarias, es el medio en el que se originó la vida y proporciona a la tierra un clima adecuado, en el que la misma pudo evolucionar de forma continua. Donde sea que encontremos agua, sin importar latitud o altitud, la vida también se encuentra presente (Caríssimo, 2013, p.17), por tal motivo el agua se convierte en un aspecto importante a la hora de hablar de los ecosistemas acuáticos y las dinámicas ecológicas asociadas a ellos, y es que como lo mencionaba Tales de Mileto “el agua es el principio de todas las cosas”. En el mismo sentido, Roldán y Ramírez (2008) argumentan que la vida surgió en el agua y esta es esencial para el mantenimiento de todo tipo de vida en nuestro planeta ya que ningún proceso metabólico ocurre sin su acción directa o indirecta. Es tan importante que cubre el 71% de la superficie de la tierra y es el medio natural para muchas formas de vida, por eso se constituye como un elemento importante en los ecosistemas.

Para definir sistema acuático debemos primero entender el termino ecosistema, acuñado hace más de 80 años y que según Tansley (1935), es un complejo de organismos junto con los factores físicos de su medio ambiente en un lugar determinado, propuesto además como una de las unidades básica de la naturaleza; otros autores más contemporáneos como Naveh (2010) argumenta que su

definición es ambigua y cuestionan si los ecosistemas son unos supra-organismos tangibles o más bien unas herramientas conceptuales para estudiar el flujo de energía, materiales e información en sistemas ecológicos (Armenteras et al., 2016). Si analizamos el término desde su raíz latina encontramos que la parte *eco* de la palabra se refiere al ambiente; la parte *sistema* implica que el ecosistema funciona como un conjunto de partes relacionadas formando una unidad (Smith y Smith, 2007). Para no profundizar en la definición del concepto ecosistema, haremos alusión a este como un sistema biológico funcional donde se relacionan la biocenosis (organismos y sus interacciones) con el biotopo (entorno físico, las condiciones y los recursos).

Teniendo en cuenta lo anterior, Martínez (2015) hace referencia a la forma de clasificar los ecosistemas de acuerdo a su ubicación, entre los que encontramos los ecosistemas acuáticos que define como aquellos donde la vida se desarrolla dentro del agua. Roldán y Ramírez (2008) mencionan que el ecosistema acuático al igual que el terrestre, es el resultado de la interacción entre el agua, la atmósfera, la tierra y los organismos vivos, tal como se evidencia en la *Figura 1*.

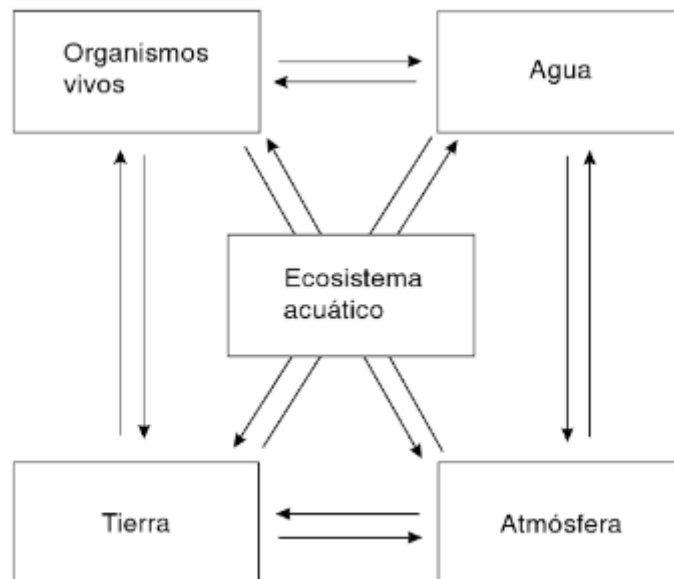


Figura 1. Interacciones en el Ecosistema Acuático (Roldán y Ramírez, 2008, p.16)

Una rápida revisión de los principales tipos de ecosistemas acuáticos probablemente permita percibir mejor su enorme diversidad, sus atributos de heterogeneidad y su importancia en distintos aspectos (Sánchez, s.f.). En esa

medida, retomando a Smith y Smith (2007), la clasificación de los ecosistemas acuáticos se basa principalmente en las características del ambiente físico. Los ecosistemas acuáticos entran dentro de dos categorías principales: de agua dulce o de agua salada (o marina), categorías que a su vez se subdividen en una gran variedad de ecosistemas acuáticos que se clasifican según la profundidad y la corriente del agua, el sustrato y el tipo de organismos dominantes (Smith y Smith, 2007).

Retomando lo anterior, encontramos que la clasificación de ecosistemas acuáticos puede darse de acuerdo a sus características físicas, químicas y biológicas, así como también de acuerdo a su longitud, geografía y movimiento, aspectos que influyen en la dinámica del sistema; entre ellas encontramos:

Aguas continentales y aguas marinas

Como ya se mencionaba anteriormente, el agua en la superficie de la tierra ocupa casi que el 71% del planeta, representada principalmente por océanos y mares que equivalen a 362 millones de Km²; estos ecosistemas son altamente dinámicos, poseen corrientes tanto profundas como superficiales producto de la temperatura y la salinidad del agua que permiten capas estratificadas, y alberga una enorme diversidad biológica y ecosistémica que la hacen un ambiente heterogeneo (Lara-Lara, et al., 2008, p.2).

Smith y Smith (2007) subdividen los ecosistemas marinos en dos grandes categorías, los sistemas costeros y de aguas abiertas. Por otro lado, las aguas no marinas, continentales o epicontinentales, se distinguen de las marinas por la salinidad y por las dimensiones que estas poseen. Los lagos y ríos contienen agua dulce y son menores que los océanos. (Departamento de Ecología e Hidrología, 2011, p.1). En el mismo sentido Cervantes (s.f.) propone que los ecosistemas acuáticos epicontinentales son todas aquellas aguas superficiales que se distribuyen en los continentes.

Todos los sistemas acuáticos tanto de agua dulce como de agua marina se relacionan de manera directa o indirecta como componentes del ciclo hidrológico (Smith y Smith, 2007, p.546) así como se evidencia en la *Figura 2*.

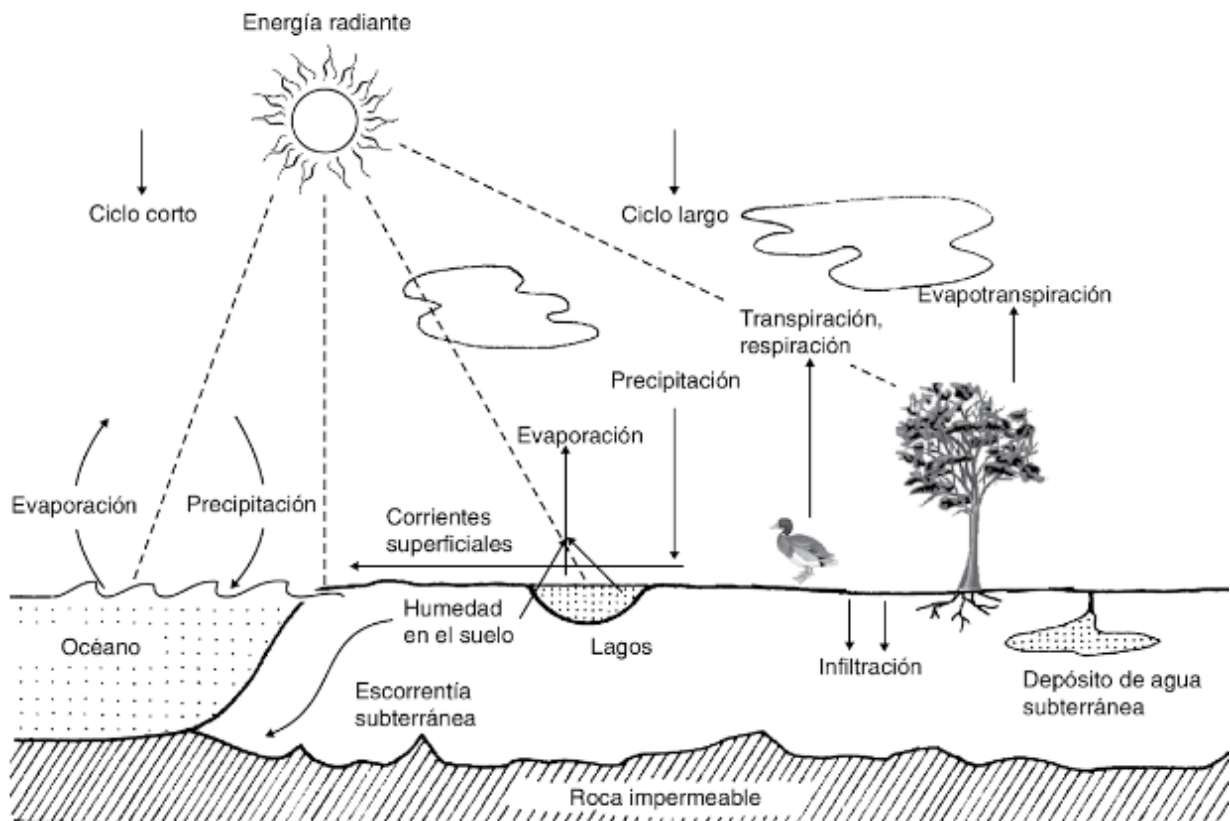


Figura 2. Rutas del ciclo hidrológico (Roldán y Ramírez, 2008, p.22)

Movimiento de las masas de agua continental

Dentro de los ecosistemas acuáticos epicontinentales existen, de manera general clasificaciones que dependen de dos condiciones de desplazamiento de sus masas: con visible movimiento horizontal y rápido recambio de líquido como lo son los sistemas lóticos: término relativo al agua corriente, por ejemplo un arroyo o un río; o con movimientos lentos, principalmente convectivos y recambio lento en el que se encuentran los sistemas lénticos: concepto aplicado a las aguas estancadas, como pantanos, estanques, lagos y los humedales (Cervantes, s.f.; Sánchez, s.f.). En términos mas generales se distingue entre las aguas con corriente (ambientes lóticos) versus las aguas sin corriente (ambientes lénticos).

Roldán y Ramírez (2008) mencionan que la limnología es la ciencia que se encarga del estudio ecológico de los sistemas acuáticos continentales, nace con Forel hacia el año 1901, y articulan los ecosistemas de humedal, lago, río, estuario y embalse dentro de esta categoría.

Colombia es rico en estos ecosistemas, ya que según el IDEAM (2015) los ecosistemas acuáticos continentales en Colombia ocupan 19.710.972 hectáreas, en las cuales los transicionales ocupan el 65,9% del total, siendo los mayormente distribuidos. Debido también a la ubicación geográfica y la variedad de pisos térmicos es considerado uno de los países con mayores reservas de agua en el mundo (Roldán, 2009)

- **Sistemas lóticos**

Como lo mencionan Hanson, Springer y Ramírez (2010), los sistemas lóticos hacen referencia a los ecosistemas acuáticos continentales de aguas con corriente, entre ellos se encuentran los ríos y quebradas.

De acuerdo con Manrique-Losada, Echeverri-Arias y Peláez-Rodríguez (2011), los sistemas lóticos se caracterizan por su continuo y rápido flujo de aguas, y su estructura longitudinal y altitudinal que determinan variables entre el mismo cuerpo de agua de acuerdo a su ubicación en partes altas y bajas.

Moreno (2012) caracteriza estos sistemas porque el agua presenta un movimiento definido, continuo e irreversible, y menciona que pueden clasificarse en naturales (manantiales, ríos, quebradas, caños, estuarios, arroyos y riachuelos) y artificiales (canales de riego y canales fluviales).

- **Sistemas lénticos**

Los sistemas lénticos incluyen lagos, lagunas, pantanos y el agua que se acumula en varios tipos de recipientes, desde una bromelia hasta una lata vacía (Hanson, Springer y Ramírez, 2010). Por otro lado Manrique-Losada, Echeverri-Arias y Peláez-Rodríguez (2011), mencionan que estos ecosistemas agrupan aguas con poco movimiento en contraste con las aguas corrientes, caracterizados por poseer aguas relativamente profundas.

Al igual que en los lóticos, Moreno (2012) clasifica los sistemas lénticos en naturales (lagos, lagunas, ciénagas, esteros, pantanos, humedales, fitotelmos y planos de inundación) y artificiales (embalses, reservorios de aguas lluvias, estanques de acuicultura, lagunas de oxidación y lagos artificiales).

Los ecosistemas acuáticos continentales (lóticos y lénticos), más que ningún otro ecosistema, son los que han sufrido más los impactos causados por actividades

humanas en las últimas décadas, debido a los desechos industriales y domésticos que llegan a parar a estos ecosistemas (Roldán, 1988, p.1).

Estado trófico

Los sistemas acuáticos continentales también se pueden clasificar de acuerdo a su estado trófico que según López-Cortés, Gárate-Lizárraga, Bustillos-Guzmán, Alonso-Rodríguez y Murillo-Murillo (2003), se encuentra asociado al proceso de mezcla y/o pérdida de nutrientes. Los principales responsables del estado trófico en un ecosistema acuático son el nitrógeno y el fósforo (Echaniz y Vignatti, 2009).

La incorporación de concentraciones excesivas de nutrientes a un sistema acuático se denomina eutrofización y depende de muchos factores entre los que se destacan las dimensiones del mismo, tasa de renovación, interacciones con los sedimentos del lecho, el tipo de suelo que exista en la cuenca de captación y las acciones que se realizan en la misma, ya que la cantidad de estos elementos es mayor en ambientes situados en regiones en las que la actividad humana produce descargas de sustancias ricas en ellos, como las industriales, agropecuarias y domésticas (Echaniz y Vignatti, 2009).

Para evaluar de manera cualitativa un sistema acuático se deben tener en cuenta las características morfológicas y las propiedades físico-químicas (nutrientes, turbidez o transparencia del agua, etc.) y biológicas (clorofila a, capacidad de producir biomasa y organismos presentes) de la columna de agua (Lopez y Madroño, 2015).

Hanson, Springer, y Ramirez (2010) mencionan que se distingue entre cuerpos de agua oligotróficos, con pocos nutrientes y baja productividad primaria, versus eutróficos, con muchos nutrientes y una alta productividad primaria (mucho crecimiento de algas), así como se evidencia en la *Figura 3*.

Los sistemas eutrofizados poseen altos contenidos de nutrientes y materia orgánica, ambientes óptimos para la proliferación de macrófitas y microalgas, esto produce alta productividad y aumento de biomasa; por otro lado los sistemas oligotróficos poseen aguas claras y la luz penetra fácilmente; a su vez son pobres en nutrientes lo que conlleva a que los organismos autótrofos no proliferen excesivamente (Delgadillo, 2014)

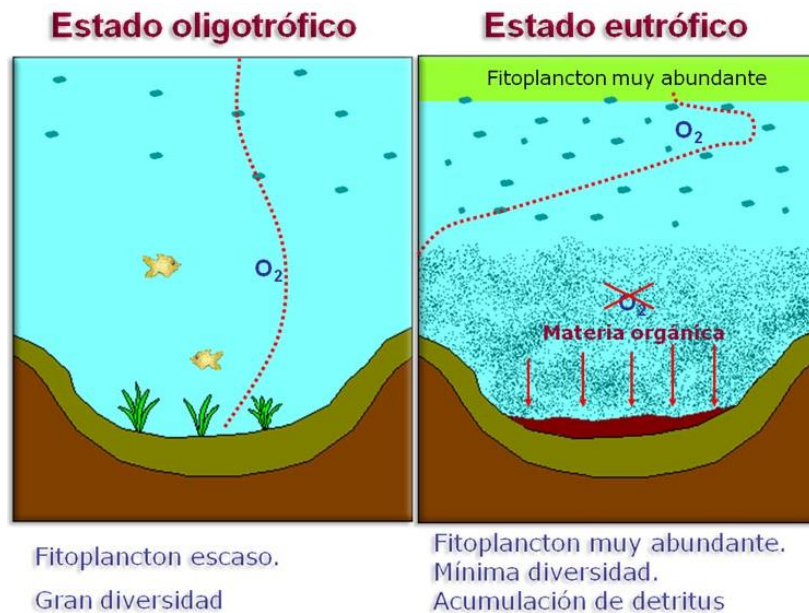


Figura 3. Ecosistemas acuáticos oligotróficos y eutróficos. Recuperado de: <https://www.biologiasur.org/index.php/teoria/los-sistemas-fluidos-terrestres-externos/impactos-sobre-la-hidrosfera>

Dinámica Ecológica

Maass (s.f.) menciona que los ecosistemas no son ambientes uniformes y estáticos sino más bien diversos y dinámicos. En esa medida, Lindeman, citado por Vargas y Zúñiga (2010), concibe la ecología como un sistema en el cual sus procesos son “trófico-dinámicos”, refiriéndose a trófico como el alimento; en esa medida y teniendo en cuenta que la ecología, como lo define Margalef (s.f.), es el estudio de los sistemas a nivel que los organismos pueden ser considerados elementos de interacción entre ellos y con la matriz ambiental (Vargas y Zúñiga, 2010), podríamos concebir la dinámica ecológica como ese proceso en el cual el ecosistema interactúa con los elementos a disposición como la biocenosis y el biotopo para realizar el intercambio de materia y energía y, mantenerse regulado y funcionando.

Naeem et al. (1999), mencionan que un ecosistema funcionando, es aquel que exhibe actividades biológicas y químicas características de su tipo, en el cual se realiza un flujo de materia y energía dentro y fuera del ecosistema como se muestra en la *Figura 4*. Este funcionamiento de ecosistemas, como consecuencia, es cuantificado midiendo las magnitudes y dinámicas de los procesos ecosistémicos.

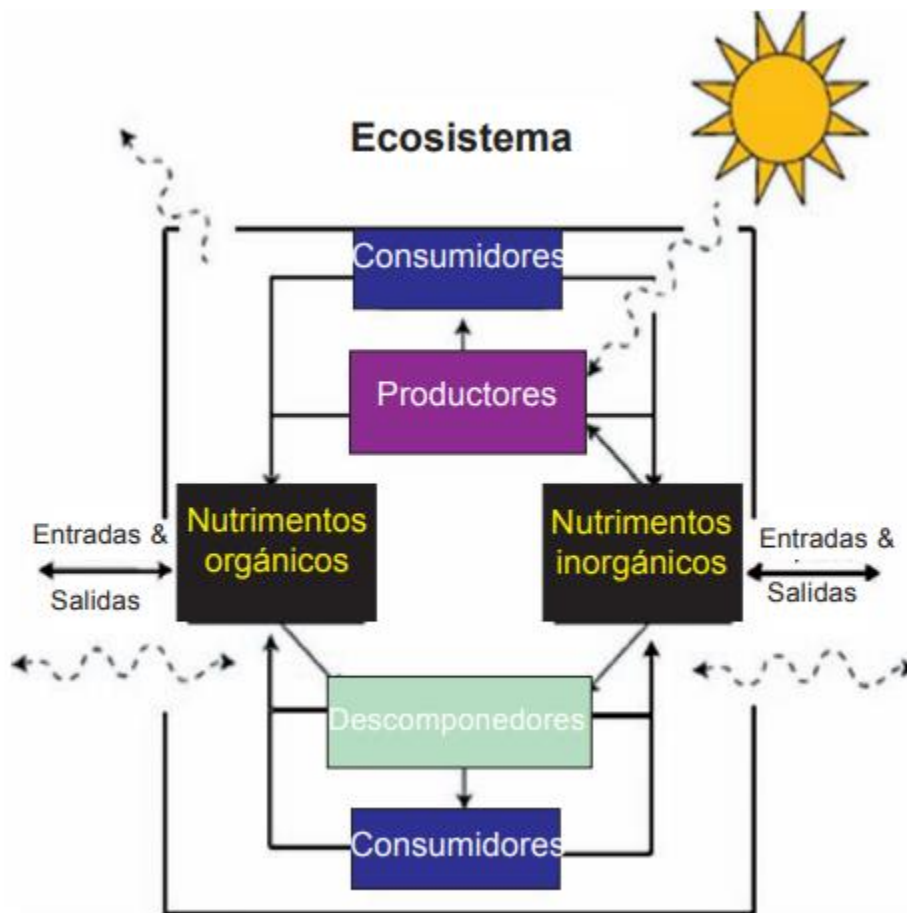


Figura 4. Funcionamiento básico de un ecosistema. Aquí se evidencian las entradas y salidas de energía del ecosistema y el flujo que se da entre los organismos en los distintos niveles tróficos (Naeem et al., 1999, p.6).

Las dinámicas ecológicas como lo menciona Margalef (s.f.), están mediadas por las interacciones que allí se presentan y estas a su vez cambian a lo largo del tiempo (Vargas y Zúñiga, 2010), además son capaces de regularse y mantener su equilibrio dinámico.

Según Carmouze (1994) hay dos tipos de dinámica: la dinámica externa que se refiere a la evolución estructural del ecosistema y, la dinámica interna, que se refiere a la circulación de la materia a través de los diversos compartimientos, especificada por las tasas de reposición en cada uno de ellos; estas dinámicas están mediadas por los factores bióticos y abióticos asociados al ecosistema (Roldán y Ramírez, 2008).

De acuerdo con Sosa et al. (2006), las relaciones tróficas que suceden dentro del ecosistema dan lugar a transferencias y transformaciones de energía, lo que se conoce como una cadena trófica. La primera fuente de energía de cualquier ecosistema es la luz solar; esta energía es utilizada por los organismos autótrofos para formar componentes orgánicos a partir de los inorgánicos por el proceso de fotosíntesis.

Enfocado a los sistemas acuáticos, Roldán y Ramírez (2008) agregan que el mantenimiento de los ecosistemas acuáticos depende de un adecuado balance entre el agua que entra a través de la precipitación, la escorrentía, los nacimientos subterráneos, los afloramientos superficiales, las infiltraciones en el terreno y los procesos de evapotranspiración como se muestra en la *Figura 5*.

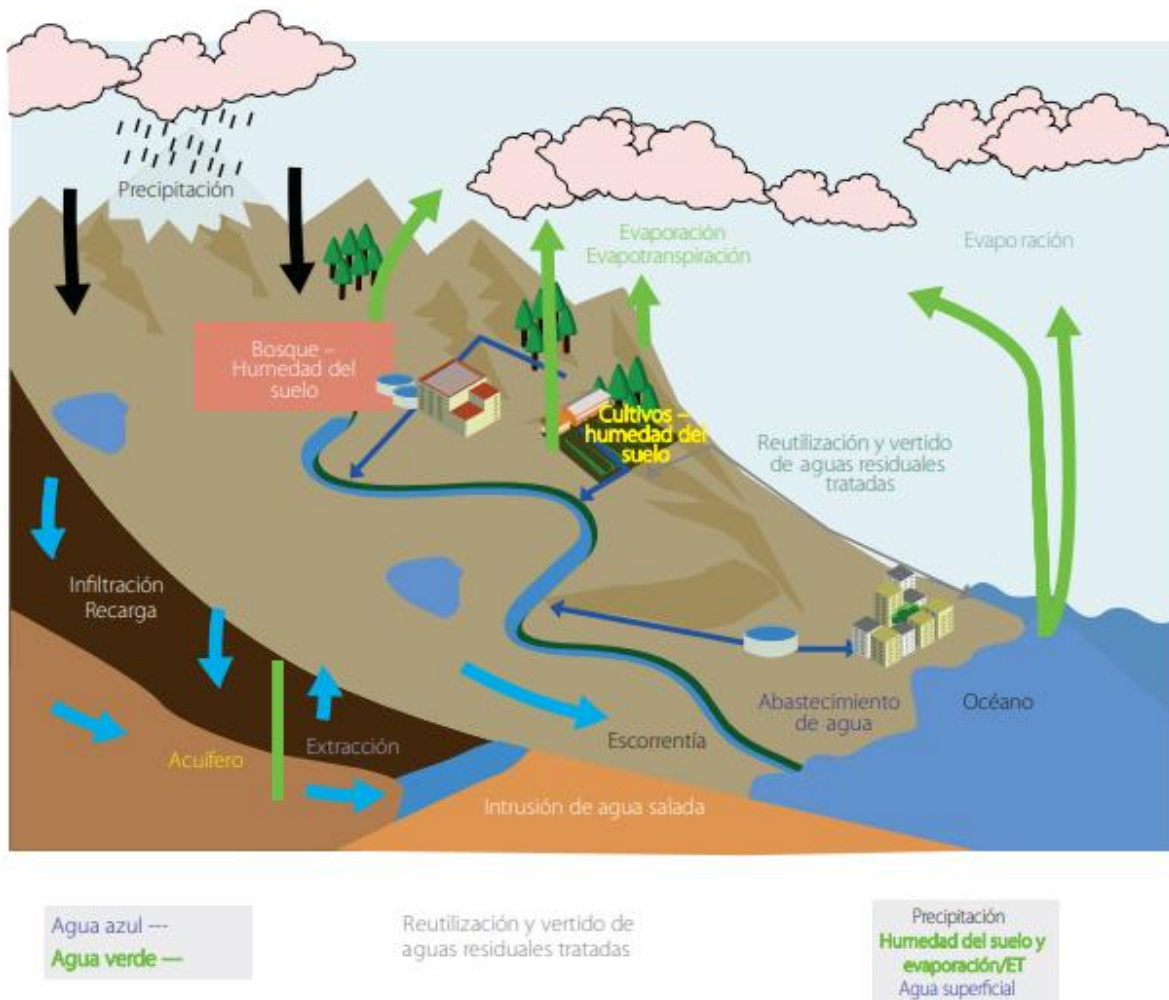


Figura 5. Ciclo hidrológico en el que se evidencian los principales movimientos del agua: precipitación, evaporación y escorrentía (IDEAM, 2015)

Flujos de materia, energía e información

Todas las entidades biológicas, desde individuos hasta comunidades, necesitan materia para su construcción y energía para sus actividades (Begon, Harper y Townsend, 1995), en esa medida, Badillo et al. (2010) afirman que las comunidades ecológicas se encuentran conectadas a través de estos flujos de materia y energía y, que es a través de estos que convergen los componentes abiótico y biótico y, que su punto de convergencia es la fotosíntesis.

Niel et al. (1986) manifiestan que aproximarse al estudio de los ecosistemas es valorar su funcionalidad, la cual se encuentra dada en los flujos de materia y energía (Crales, García y Wolff, 2006). En el mismo sentido, Virginia y Wall (2001) mencionan que este intercambio de materia y energía se da entre la comunidad biótica y la atmosfera (Paruelo, 2008).

Naeem et al. (1999) afirman que *“un ecosistema funcionando, es aquel que exhibe actividades biológicas y químicas características de su tipo”* (p. 4), y es que la energía unida a la materia fluye, es transportada y, transferida entre los organismos, provocando pérdidas (Malacalza, 2013); como se evidencia en la *Figura 6*, los flujos de energía comienzan con la adquisición que realizan los organismos productores y debido a las actividades de respiración de los organismos esta energía termina en pérdida.

Los organismos cumplen un papel protagónico en el ecosistema, y de acuerdo al rol que desarrollen, permiten el flujo de materia y energía, en ese sentido se puede estimar que los organismos son especialistas de acuerdo al estatus trófico que desempeñe como por ejemplo el lugar que ocupa en la cadena alimenticia (Naeem et al., 1999)

Para sobrevivir, un ecosistema necesita un abastecimiento continuo de materiales esenciales. Estos pueden venir de fuera del sistema, del reciclaje de los materiales o de ambos (Odum et al., 1988, p.18).

Rumiz, Caneodo, Alarcón, Anivarro y Vides-Almonacid (2016) mencionan que la transferencia de materia y energía dentro del ecosistema hace parte de las propiedades ecológicas del mismo, por tal motivo se convierte en un proceso importante a la hora de realizar una valoración de los servicios ecosistémicos.

RELACIÓN ENTRE CICLO DE LA MATERIA Y FLUJO DE ENERGÍA

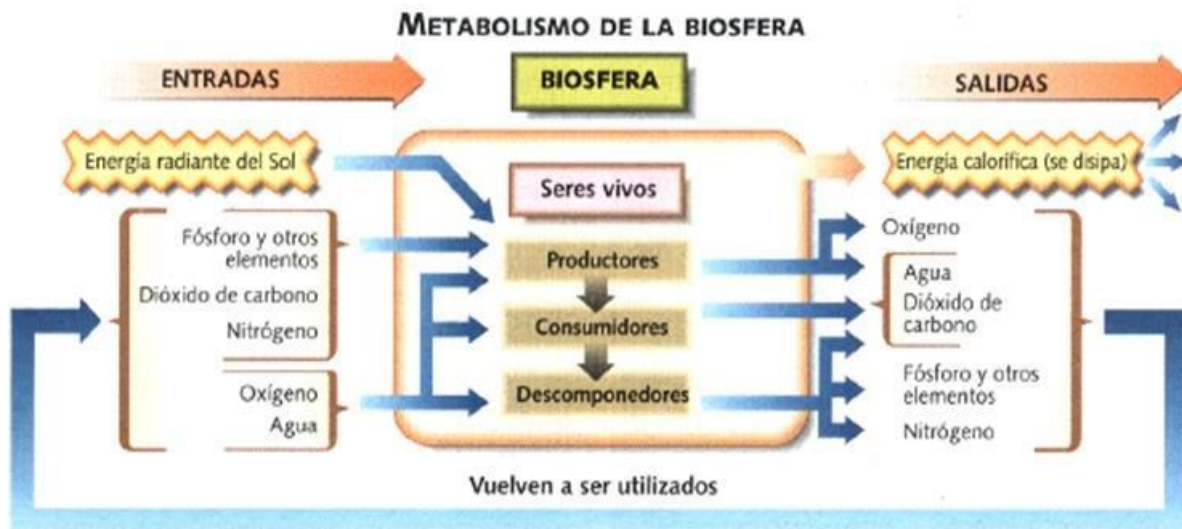


Figura 6. Flujo de materia y energía en un ecosistema. Recuperado de: <http://funed-la-biologiasecundaria.blogspot.com/p/grado-decimo.html>

La productividad de un ecosistema acuático está relacionada por la cantidad de nutrientes presentes en ellos. Un factor que evalúa la producción primaria de un cuerpo de agua está determinado por la cantidad de clorofila, que a su vez determina la producción de biomasa derivada de la población fitoplanctónica (Moreno, 2012). Según Roldan (1978) el aumento de la concentración de nutrientes (principalmente nitratos y fosfatos) ocasiona un desarrollo exagerado de fitoplancton y plantas acuáticas, fenómeno conocido como eutrofización. Cuando este proceso no se da en forma natural, sino que obedece a la contaminación por actividades agrícolas, industriales y urbanas, normalmente ocasiona los siguientes efectos indeseables: a.) Aumento de la biomasa vegetal; b.) Disminución de la diversidad de peces; c.) Fuertes fluctuaciones de oxígeno disuelto, dióxido de carbono y pH; d.) Alta demanda bioquímica de oxígeno (DBO); y, e.) Aparición de densas masas de algas y vegetación acuática que impiden el paso de luz, aumentan la materia orgánica en descomposición y llevan al ecosistema acuático a una distrofia o desaparición del mismo.

Para Margalef (citado en Flos, 2005), hablar del flujo de información resulta ser algo más complejo de explicar y es precisamente porque no es un hecho cuantificable como pasa con el flujo de materia y energía, sino que pasa por un entramado de interacciones que sólo los organismos “portadores de información” pueden evidenciar. La transmisión de información entre individuos se da en términos de la

forma en la cual un individuo que ha vivido una experiencia aprende más y en esa medida explora y memoriza, estrategia que se expresa en el éxito de supervivencia de los organismos. Terradas (2015) propone que un ejemplo del flujo de información es el proceso evolutivo, proceso en que se acumula información, que para los sistemas ecológicos, lo hace no sólo en los genomas de las especies sino también en organizaciones espaciales y estructuras.

Margalef (s.f) pretendía explicar el ecosistema desde la teoría general de los sistemas de Bertalanffy (1968) y en esa medida, evidenciar que el ecosistema interactúa como una unidad biológica que está en constante intercambio con el exterior, que adquiere, transporta y cede materia, energía e información, produciendo roles ecológicos que se evidencian en los organismos especialistas (Terradas, 2015).

Cultivos de Microalgas

Gómez (2007) afirma que el término microalga se refiere a organismos que contienen pigmentos fotosintéticos como por ejemplo la clorofila a, y a su vez son capaces de realizar fotosíntesis oxigénica. Las microalgas son organismos errantes, por lo que se les clasifica dentro de la categoría del plancton, junto con el fitoplancton y el zooplancton.

Entre las microalgas se incluyen organismos con dos tipos celulares: cianobacterias, que tienen estructuras celular procarionta, y las restantes microalgas con estructura celular eucariota; sin embargo, el término no tiene valor taxonómico alguno (Gómez, 2007, p.4). Estas se desarrollan en casi todos los ambientes conocidos, aunque casi siempre se habla de ellas en los ecosistemas acuáticos (Santaella-Álvarez, 2013)

Las microalgas han cobrado un valor ecosistémico importante ya que aportan biomasa, contribuyen al balance de oxígeno e inician el flujo de energía en los ecosistemas, además de su uso ecológico como bioindicadores de calidad de agua en ecosistemas lóticos (Gómez, 2007; Vélez-Azañero, Lozano, y Cáceres-Torres, 2016); se estima que estos organismos fueron las primeras formas de vida en el planeta (Bermeo, 2011), por tal motivo llaman su atención en el mundo científico.

El número de taxones es elevado, asciende a unas 30.000 especies descritas, aunque en materia de estudio, se han caracterizado 50 especies por aspectos fisiológicos y bioquímicos, siendo una de las aplicaciones potenciales el cultivo de

microalgas para la obtención de productos de alto valor energético, como lo son bioetanol y biodiesel (Santaella-Álvarez, 2013).

Rodríguez (2008) menciona que el fitoplancton agrupa organismos que comparten similitudes de funcionalidad (con el ecosistema) y caracteres adaptativos compartidos, en esa medida Hoeck (1995) agrega que *“el fitoplancton de agua dulce está compuesto principalmente por organismos pertenecientes a las divisiones y/o clases algales Chlorophyta, Euglenophyta, Bacillariophyceae, Chrysophyceae, Synurophyceae, Cryptophyta y Pyrrophyta”* (p.62) sin dejar de lado las bacterias fotosintéticas pertenecientes a la división Cyanobacteria, que a pesar de ser procariotas, suelen ser agrupadas con el fitoplancton más que con el bacterioplancton (Rodríguez, 2008)

Los cultivos de microalgas pueden establecerse como colecciones (biológicas) en vivo que constituyen recursos genéticos de biodiversidad y de biotecnología (Morales et al., 2013), en esa medida, López y Barrientos (2003) mencionan que *“una colección de microalgas es el conjunto de microorganismos fitoplanctónicos incluidos en volumen determinado de agua preservado con fijadores especializados con la finalidad de estudiar distintos aspectos: clasificación y sistemática, estructura, niveles de organización, distribución y diversidad”* (p.23).

Hay dos tipos de colecciones ficológicas; una colección local o de referencia que contiene organismos de una zona o región muy concreta y que por lo general está limitada a cierto tipo de organismos. Una colección regional que tiene una mayor cobertura taxonómica y geográfica y que por lo general forma parte de un museo o herbario (López y Barrientos, 2003, p.24)

Según Cohen citado en Gómez (2007), el cultivo de microalgas es un sistema biológico eficiente de utilización de la energía solar para producir materia orgánica; Las microalgas crecen más rápido que las plantas terrestres y es posible obtener mayores rendimientos anuales de biomasa.

Cabrera y Montecino (1987) se refiere a la productividad primaria del fitoplancton y para ello retoma a Margalef y Estrada (1980) que mencionan que:

La productividad primaria fitoplanctónica, en la columna iluminada de agua, se puede describir como un transporte de electrones impulsado por la energía de la luz. La energía luminosa es utilizada para transformar químicamente el dióxido de carbono en hidratos de carbono, que son fuente de carbono orgánico para otros niveles tróficos de la cadena alimentaria. Esta fijación de carbono es el primer paso en la transferencia de energía y de

materia en los ecosistemas. La productividad primaria se ha cuantificado tradicionalmente midiendo la liberación de oxígeno, producto de la fotólisis del agua. (p.105)

Retomando lo anterior, Gómez (2007) agrega que el fitoplancton al ser autótrofo mayoritariamente, representa el eslabón principal de la cadena alimenticia.

Para Gocke y Hernández (1994) la producción primaria es probablemente el parámetro de función más frecuentemente determinado tanto en los biotopos marinos como limnológicos, ya que existen varias posibilidades para su estudio, en cuyo caso las técnicas más usadas consisten en la determinación del oxígeno liberado y la incorporación de carbono radioactivo. Montecino y Pizarro (2006) afirman que “La productividad primaria se estudia de acuerdo a la escala temporal en que ocurren los procesos fotosintéticos y el crecimiento del fitoplancton” (p.93), y en esa medida permiten entender la dinámica del ciclo de materia en cualquier ecosistema.

Apropiación del recurso hídrico

No se puede hablar de apropiación del recurso hídrico sin definirlo; de acuerdo con esto, se puede destacar que recurso hídrico al igual que recurso natural proviene de la concepción moderna que vincula el hombre, la naturaleza y la sociedad (Mastrangelo, 2009), en la medida en la que el progreso humano se fue dando paulatinamente a la par del desarrollo tecnológico, el cuál se fue aprovechando los recursos naturales para satisfacer las necesidades propias del hombre y su sociedad.

Morales (2016) define biológicamente recurso como el elemento que abastece de diferentes maneras los procesos de ciclaje o circulación, mineral o biológica, o brinde un servicio. Teniendo en cuenta esto, Brailovsky y Timm (2014) definen los recursos naturales como los componentes de la naturaleza que de acuerdo a la necesidad humana, pueden ser alterados y transformados; estos recursos se dividen en renovables y no renovables (Morales, 2016).

La noción de recurso proviene de la teoría económica, y esta visión es tenida en cuenta desde la perspectiva de los servicios ecosistémicos (bienes y servicios) que propone hacer visibles las contribuciones de los ecosistemas como capital natural al bienestar humano en donde se establecen relaciones entre características biofísicas y diferentes actores sociales (Niето, Cardona, y Agudelo, 2015; Rumiz, Caneodo, Alarcón, Anivarro, y Vides-Almonacid, 2016).

Esta valoración ecológica que se convierte en insumo es una unidad proveedora de servicios, y en esa medida podríamos referirnos a la valoración de servicios ecosistémicos, correspondiendo a este último el que las unidades biológicas contribuyen en la provisión de un determinado servicio. (Rincón et al., 2014)

La valoración de servicios ecosistémicos puede darse desde la perspectiva de los valores de uso directo e indirecto que se le otorgan a la biodiversidad, valores que van desde lo económico y pasan por lo ético, estético, científico y cultural, teniendo como enfoque principal el beneficio económico (Primack, 2010).

Así pues, el recurso hídrico hace referencia a la valoración que se otorga al agua, teniendo en cuenta que el agua hace parte de la naturaleza, es uno de los recursos abióticos esenciales para la vida y la sobrevivencia tanto humana como de todas las demás especies (Barillas y Bonilla, 2014)

A pesar que el agua como recurso natural ha sido el sustento del cual los centros urbanos han vivido y dependido, hoy en día se encuentra amenazada por el desconocimiento del valor ecosistémico que posee, vulnerando la sostenibilidad del planeta (Perdomo, 2010). Es de aclarar que la amenaza que enfrenta no se debe a que el recurso se esté agotando, sino que su característica ecosistémica se ha desconfigurado proporcionándole otras condiciones que no son las apropiadas para los ecosistemas acuáticos, y en esa medida el que se está agotando es el servicio ecosistémico que este provee para la supervivencia de la vida, imposibilitando su acceso directo; así lo definen Berdugo, Betancourt, Maldonado, y Garzón (2003) en el siguiente apartado:

Sin agua en la cantidad y calidad necesaria no es posible un desarrollo sostenible. Sin embargo, el acelerado crecimiento industrial y urbanístico ha ocasionado graves problemas de contaminación de los recursos hídricos, pues en muchos casos ha sido llevado a cabo sin planificación previa, originando innumerables situaciones de impacto negativo sobre el ecosistema acuático y la salud pública en general. (p.381)

Así mismo, Leal (2013) agrega que “*por lo general no asociamos que el agua es un elemento, que por nuestras actividades, se afecta en su calidad y su disponibilidad, lo que restringe su uso*” (p. 44), en esa medida y de acuerdo a lo anterior, se aprecia que el agua como recurso hídrico genera y reproduce una trama de relaciones sociales, políticas y económicas que atraviesan por luchas de poder y que han permitido diversas formas de apropiación tanto materiales como simbólicas (Brignardello, 2012).

Por otro lado, Weber define apropiación desde dos conceptos fundamentales: derecho y propiedad, haciendo alusión a que juntos conceptos devienen de aspectos socioeconómicos principalmente, aludiendo a que apropiación y posesión son sinónimos (Torres, 2012). De acuerdo con lo anterior, Vidal y Pol (2005) mencionan que la apropiación es un mecanismo básico del desarrollo humano, por el que la persona se “apropia”.

Ya que el recurso hídrico también es sinónimo de poder, se ha convertido en uno de los botines mas importantes en las áreas de libre comercio en América; principalmente Estados Unidos y corporaciones multinacionales y transnacionales pretenden privatizar y alterar el flujo natural con proyectos neoliberales (Agudelo, 2005). En ese sentido, Leal (2013) menciona que:

uno de los grandes retos de la vida moderna es lograr que los ciudadanos, que en su mayoría habitan en las zonas urbanas, tomen conciencia en torno al recurso hídrico, a partir de cambiar el mito de que el agua es un recurso natural infinito, lo que ha generado que el común de la gente esté desconectada del origen y del ciclo del agua. (p.44)

Retomando a Ricardo Petrella, citado en Agudelo (2005), se insiste en tres puntos básicos para la protección del recurso del agua, entre los cuales se encuentra que “el agua es fuente de vida y como tal es un bien común que no pertenece a los países sino al conjunto de la sociedad planetaria; el acceso al agua es un derecho no sujeto a discusión alguna; y la responsabilidad del acceso es colectiva.” (p.100)

Por consiguiente, el agua se convierte en un recurso natural limitado en terminos de su aprovechamiento para la vida, ya que al ser de bien común, se ha alterado su dinámica natural y por tanto surge la emergencia que hoy tiene a la población humana al borde de un colapso ambiental. Carlos de Miguel y Marcia Tavares (2015) mencionan que el modelo de consumo, los altos niveles de pobreza y el aumento poblacional ha generado consecuencias múltiples entre las que se encuentra la degradación del agua, suelo y ecosistemas.

En esa medida, Leal (2013) habla de la necesidad de hacer un uso social, racional y colectivo del recurso hídrico, que en palabras textuales se evidencia en el siguiente apartado:

Es necesario que avancemos en la incorporación del componente ambiental en el ordenamiento del territorio, alrededor del recurso hídrico, buscando prioritariamente el uso equitativo y responsable del agua, a partir de programas o campañas dirigidas a generar conciencia para garantizar la disponibilidad y la reducción de la contaminación del agua... El cuidado del medio ambiente y en particular del recurso hídrico, además de las leyes y las normas, debe partir de una conciencia colectiva, por ser un tema de sentido común, que requiere generar un diálogo entre los diferentes actores y sectores del país” (p.44)

Colecciones Biológicas Vivas

Simmons y Muñoz-Saba (2005) mencionan que “*para entender las colecciones biológicas es necesario conocer su historia*” (p.17); en esa medida es necesario hacer una contextualización general de lo que fueron, son y serán las colecciones biológicas.

Desde hace mas de 7.000 años la humanidad ha realizado colecciones que han sido preservadas, entre ellas se destacan momias como las de Perú y Egipto, antiguas civilizaciones que han dejado algún legado conservado, no desde el enfoque que hoy en día se le da a estas colecciones, si no desde el planteamiento de distintos objetivos (Simmons y Muñoz-Saba, 2005).

En el periodo greco-romano las colecciones evolucionan y se funda el primer “templo de las Musas” que da origen al nombre de Museo y en el se contenía colecciones naturales y de arte; en esta época se realizaban colectas pero no se conservaban. Hernández (1992) menciona que el coleccionismo y la ilustración han sido los dos hechos importantes en el origen de los museos.

Simmons y Muñoz-Saba (2005) destacan que en la época pre-renacimiento surgieron unos “armarios de curiosidades” (que luego describen como museo) en donde la gente adinerada contenía objetos extraños de la naturaleza. Para esta época si se realizaron colectas de material biológico con el fin de preservarlo y se acuño la metodología de la deshidratación para ello.

Durante el renacimiento, afirman Simmons y Muñoz-Saba (2005) se incrementan las colecciones biológicas y con ellas el conocimiento de la bioiversidad, se realizan colecciones y se preservan con el objetivo de empezar a catalogar y describir.

Entre los años 1600 y 1750 d.C. en una época que Simmons y Muñoz-Saba (2005) denominan “Pre-Linnaeus”, siguen surgiendo colecciones en “armarios de curiosidades” que alimentan la categorización y clasificación de la naturaleza. Aquí se acuñen técnicas como la taxidermia y la conservación de tejidos a través del uso de alcohol destilado (Simmons y Muñoz-Saba, 2005).

Así sucesivamente, las colecciones fueron desarrollandose hasta llegar al periodo donde Linneo (siglo XVIII) genera el sistema de clasificación taxonómica y con él la clasificación moderna (Simmons y Muñoz-Saba, 2005). En esta época se enfatiza la recolecta y preservación de los ejemplares para la categorización y estudio en los nacientes museos.

Posterior a ello (1850 - presente) se han hecho importantes apuntes en el campo de las colecciones biológicas, tales como el descubrimiento del formol como fijador de tejidos, el crecimiento de las colecciones y con ellas el establecimiento de la diversidad del planeta, y finalmente la urgencia de emplear técnicas de conservación preventiva para mantener las colecciones (Simmons y Muñoz-Saba, 2005).

Así pues, el hombre en su afán de entender la naturaleza ha manipulado y recolectado individuos de diversas especies dando lugar a las colecciones biológicas (Serna-Botero y Ramírez-Castaño, 2017, p.139)

Por otro lado, Simmons y Muñoz-Saba (2005) retoman una definición de Edward Alexander (1979) en la que se especifica que un museo es un conjunto de objetos coleccionados, bien sea naturales o artificiales, con el propósito de ser estudiados, bien sea por puro prestigio, o por el deleite de algún público en particular; los autores consideran tres tipos de museos: arte, historia y de colecciones biológicas.

Teniendo en cuenta el recuento histórico y su conformación epistemológica, se podría mencionar que una colección biológica se define como bancos de datos que proveen información sobre la biodiversidad en un lugar y tiempo (Simmons y Muñoz-Saba, 2005). Así mismo, Trujillo-Trujillo, Vargas-Triviño y Salazar-Fajardo (2014) la definen como bibliotecas de especímenes que poseen ejemplares almacenados en condiciones especiales que poseen información biológica y garantizan su integridad a través del tiempo.

Entre sus particularidades se destacan características intrínsecas entre las cuales sobresalen la naturaleza científica que es dada por la investigación científica y educativa; su representatividad en el cual se busca documentar la biodiversidad, la riqueza y la abundancia, la heregeneidad y la variabilidad de especies; el material natural compuesto por los ejemplares conservados, y; por último los usos que están dados por la investigación, la exhibición y la docencia desde la perspectiva del material educativo (Delgadillo y Góngora, 2009; Simmons y Muñoz-Saba, 2005).

Suárez-Mayorga y Vivas (2003) mencionan que las colecciones biológicas representan el patrimonio natural de un lugar determinado, bien sea país, región, etc. (Trujillo-Trujillo, Vargas-Triviño y Salazar-Fajardo, 2014).

Delgadillo y Góngora (2009) establecen que las colecciones biológicas son estrategias didácticas que posibilitan la enseñanza y aprendizaje de la biología, esto a través del acceso y construcción del conocimiento.

En Colombia, la generación de estos repositorios de biodiversidad contenidos en las colecciones biológicas del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH) ha permitido la realización de al menos diez libros rojos que contienen información sobre el estado de la diversidad animal y vegetal mas vulnerable del país, así como también el estado de los principales ecosistemas (Medina, s.f.). Hoy en día se sabe, gracias al último reporte presentado por el IAvH que Colombia alberga el 10% de la biodiversidad del planeta, con un estimado de 56.343 especies, de las cuales al menos 1.200 especies están amenazadas y 1503 son objeto de comercio, a la fecha se ha perdido el 18% de la riqueza natural (Ossa, Giraldo, López, Dias y Rivera, 2012; El Espectador, 2017).

En Colombia, el Sistema de Información sobre Biodiversidad (SiB) surge con el objeto de integrar y dar mayor visibilidad a la información depositada en todas y cada una de sus colecciones científicas, este tiene como uno de sus principales objetivos facilitar la gestión de información que apoye oportuna y eficientemente los procesos de investigación, educación y toma de decisiones (Forero, 2012). El SiB distingue 4 tipos de colecciones biológicas:

- Colecciones de organismos preservados
- Colecciones vivas
- Colecciones arqueológicas y paleontológicas
- Colecciones de Suelos

Trujillo-Trujillo et al. (2014) también clasifica las colecciones biológicas que existen en 4 grupos:

- Herbarios: colección de plantas que han sido procesadas y ordenadas de tal forma que pueden ser utilizadas en la enseñanza e investigación botánica. Aquí se destacan partes de las plantas preservadas y colecciones de tejidos.
- Bancos de germoplasma: Colección de recursos genéticos
- Jardines botánicos: Colección de plantas vivas
- Museos de historia general: Colecciones Zoológicas, entre las que se destacan las colecciones entomológicas, ictiológicas, herpetológicas, mastozoológicas y ornitológicas

En ese orden de ideas, se podría definir una Colección Biológica Viva como ese conjunto de organismos que se encuentran vivos en un medio artificial, que se usa para evidenciar procesos biológicos y así obtener información para la construcción

de conocimiento así como también para demostrar, reflexionar y dar uso educativo a este material.

Material Educativo

De acuerdo con Ospina (s.f.), un material educativo puede ser toda herramienta y/o instrumento de apoyo didáctico que posee la finalidad de acercar a una comunidad al conocimiento y facilitar el aprendizaje; puede tratarse de libros, guías, materiales impresos o virtuales, imágenes, videos, etc.

El Convenio Andrés Bello (2001) define el material educativo como un objeto cultural de carácter pedagógico, ya que posee una intencionalidad educativa; y didáctico, puesto que se adecua para un contexto determinado y está pensado para la enseñanza (Delgadillo y Góngora, 2008).

Morales (2012) hace alusión a los materiales didácticos como un sinónimo de medios educativos (materiales educativos) y los define como un conjunto de medios materiales que intervienen y facilitan el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Los miembros del seminario “Los materiales educativos en la sociedad de la información” (2006) mencionan una clasificación que hace referencia al soporte físico de los materiales educativos de la siguiente manera:

- Materiales impresos: Libros de texto, manuales, libros para maestro, ficheros didácticos, etcétera.
- Materiales audiovisuales: Videos, diaporamas, películas, programas de televisión, programas de radio, audiocintas, y otros.
- Materiales informáticos: Discos compactos, páginas WEB, software educativo, interactivos, y sus derivados.
- Materiales objetuales o concretos: Figuras geométricas, títeres, simuladores, y demás materiales de apoyo.
- Materiales para la gestión o periféricos: Currículum, instrumentos de evaluación, listas de asistencia y calificaciones, proyectos escolares, y similares.

Retomando nuevamente a Morales (2012), cabe resaltar que:

Estos materiales pueden ser tanto físicos como virtuales, asumen como condición, despertar el interés de los estudiantes, adecuarse a las características físicas y psíquicas de los mismos,

además que facilitan la actividad docente al servir de guía; asimismo, tienen la gran virtud de adecuarse a cualquier tipo de contenido. (p.10)

Marco metodológico

El papel que debe desempeñar un licenciado en un contexto como el colombiano debe de estar en estrecha relación con las necesidades del entorno y debe ser acorde a las exigencias de la sociedad. Principalmente, el licenciado en Biología debe jugar un papel importante ya que debe tener la capacidad de leer en términos biológicos, culturales, sociales, políticos y pedagógicos el contexto en el cual se enmarca su labor educativa. Así pues, la investigación en educación de acuerdo a Pereira (2011) “involucra una búsqueda constante por aumentar conocimientos y transformar de manera positiva, la realidad circundante, siempre buscando la comprensión y desarrollo del ser humano” (p.16), por tal motivo investigar se convierte en un proceso esencial en el quehacer docente ya que mediante la investigación en este campo se posibilita profundizar y comprender fenómenos educativos.

Paradigma Epistemológico

Toda investigación (educativa, social, etnográfica, etc.) gira en torno a un paradigma epistemológico que según Alvarado y García (2008) es el cuerpo de creencias, presupuestos, reglas y procedimientos que definen la forma de hacer ciencia y la búsqueda del conocimiento. Martínez (2004) a su vez señala que los paradigmas son los supuestos básicos que determinan los conceptos fundamentales y se convierten en modelos, patrones o reglas a seguir por los investigadores de un campo de acción determinado.

Retomando lo anterior, el paradigma epistemológico que configura esta investigación es el paradigma interpretativo (también llamado paradigma hermenéutico, cualitativo o emergente) que según Latorre, Rincón y Arnal (2005) enfatiza en la comprensión e interpretación de la realidad desde la perspectiva de las personas en sus contextos (Rodríguez, 2015).

En el mismo sentido, Zavala (2010) añade una descripción breve de los principales postulados que enmarcan el paradigma interpretativo y se manifiesta en el siguiente apartado:

El paradigma interpretativo tiene como fundamento la comprensión de significados, el investigador es partícipe de la realidad estudiada; la ciencia y la experiencia no se contraponen en el proceso de investigación, y la descripción de las evidencias empíricas es densa; es decir, busca la interpretación del sentido de la acción. (p. 93)

Pérez (1994) menciona las características principales de este paradigma entre las que se destacan tres: la teoría constituye una reflexión en y desde la praxis, donde se hace énfasis en la comprensión de los procesos desde las propias creencias, valores y reflexiones; intenta comprender la realidad considerando que el conocimiento no es neutral y describe el hecho en el que se desarrolla el acontecimiento (Ricoy, 2006).

Para Ricoy (2006), este paradigma posee un carácter cualitativo que lo caracteriza, y agrega que desde la perspectiva interpretativa se busca profundizar en la investigación por medio del planteamiento de diseños abiertos y emergentes. Así pues, la investigación interpretativa involucra todas las estructuras de sentido (arte, ciencia, religión y lenguaje) y aquellas motivaciones conscientes e inconscientes de la acción que son susceptibles de ser interpretadas (Zavala, 2010).

El paradigma hermenéutico-interpretativo se encuentra ligado a un escenario educativo en concreto lo que contribuye a comprender, conocer y actuar frente a otras situaciones (Ricoy, 2006). En esa medida este paradigma permite abordar la problemática planteada en términos de analizar e interpretar el material educativo propuesto como forma de apropiación del recurso hídrico en Bogotá con docentes del distrito permitiendo reflexionar a través de la promoción, evaluación y validación del mismo.

Enfoque Metodológico

El enfoque metodológico que permite el análisis de datos en esta investigación es el enfoque mixto de investigación que incluye características de los enfoques cualitativo y cuantitativo, analizando las características de ambos para la comprensión del fenómeno investigado en la obtención de mejores resultados desde estrategias múltiples para responder a la pregunta de investigación (Pereira, 2011).

Hernández-Sampieri (2014) menciona que *“la meta de la investigación mixta no es reemplazar a la investigación cuantitativa ni a la investigación cualitativa, sino utilizar las fortalezas de ambos tipos de indagación, combinándolas y tratando de minimizar sus debilidades potenciales”* (p.532). En esa medida y retomando nuevamente a

Hernández-Sampieri (2014) se pretende integrar los datos cualitativos y cuantitativos en un análisis que posibilite una perspectiva mas amplia y profunda con datos variados en una investigación dinámica que permita una mayor exploración y aprovechamiento de los datos.

La conjugación de los datos se dará con métodos cuantitativos en términos de los diseños experimentales que se realizarán mediante los cultivos de microalgas a través de los cuales se pondrán en evidencia los flujos de materia, energía e información; y con métodos cualitativos mediante el análisis interpretativo que posibilita la construcción del material educativo dirigido a docentes del distrito.

Contextualización área de estudio

Este trabajo se enmarca dentro del macroproyecto de investigación “*Agua Cachaca: Caja de herramientas educativas*”, proyecto que lleva por título “*Diseño de una caja de herramientas educativas para la enseñanza de la dinámica de los sistemas acuáticos que contribuya a la apropiación del recurso hídrico como derecho y deber de los bogotanos*”. Este proyecto de investigación es avalado por el Centro de Investigación de la Universidad Pedagógica (CIUP) y dirigido por el semillero de Investigación ECO del grupo de investigación CASCADA de la UPN. Dicho proyecto tiene por objetivo general “Fomentar la apropiación del recurso hídrico como derecho y deber de los bogotanos, mediante el diseño de una caja de herramientas educativas para la enseñanza de la dinámica de los sistemas acuáticos”.

En el marco del macroproyecto de investigación se realizó una convocatoria para docentes egresados del Departamento de Biología (DBI) de la UPN con el fin de fomentar un puente interinstitucional entre maestros en ejercicio y maestros en formación a través de actividades articuladoras a la caja de herramientas. A dicho proyecto se inscribieron treinta y tres docentes entre los cuales se realizó un proceso de selección conforme a los criterios preestablecidos por el proyecto, en el cual los docentes adscritos debían cumplir con las siguientes condiciones:

- Ser egresados de la licenciatura en Biología de la UPN.
- Ejercer su labor como docente de biología en colegios distritales o privados de Bogotá.
- Presentar interés y disposición para participar en actividades del semillero de investigación ECO en el marco del proyecto Agua Cachaca.

De la primera selección, once de los maestros no cumplían con las condiciones mencionados, por tanto se procede a continuar el proyecto con los docentes que si cumplían estos requisitos. Posterior a esto, se invita a los docentes seleccionados a una reunión de socialización del proyecto y posteriormente, se realizaron visitas de contextualización en donde se indagó sobre las necesidades educativas frente a la enseñanza de los sistemas acuáticos, así como también de los recursos con los que disponía la institución, caracterizando así laboratorios, aulas y herramientas tecnológicas y, adicional a esto, se evaluó la disposición e interés del maestro para continuar con el proyecto. De acuerdo a la disponibilidad de tiempo e interés, los docentes escogieron entre tres roles establecidos para ellos:

- *Evaluadores*: Docentes que participan en la corrección y aportes finales de la caja de herramientas en digital.
- *Validadores*: Docentes que participan en los talleres de cocreación y aplicarán un prototipo de la caja de herramientas educativas para hacer su validación.
- *Cocreadores*: Docentes que participarán en la implementación de los trabajos de grado, además de ser validadores y evaluadores.

Del total de los docentes, nueve de ellos seleccionaron el rol de Cocreadores, entre los cuales se les dio a escoger entre los tres trabajos de grado articulados al proyecto. Para el caso particular de este trabajo de grado, los docentes que participan en la implementación de los talleres propuestos corresponden a los colegios: a.) Institución Educativa Distrital Luis Eduardo Mora Osejo, b.) Colegio Bachillerato Patria, e c.) Institución Educativa Distrital El Porvenir.

Cabe mencionar que para el desarrollo y divulgación de la investigación, el macro proyecto *Agua Cachaca* solicitó los permisos y/o consentimientos informados para disponer de la información y material recolectado en el desarrollo del mismo, entre lo que se encuentra material audiovisual, fotografías, imágenes, etc.

Ruta Metodológica

La ruta metodológica que pretende dar solución al objetivo general “*diseñar un material educativo dirigido a maestros de biología de Bogotá, a partir del cultivo de microalgas para la enseñanza del flujo de materia, energía e información de los*

sistemas acuáticos”, se divide en tres fases de desarrollo, cada una hará alusión a un objetivo específico y a unas actividades que permitirán abordar esta investigación.

Fase 1: Experimentación con cultivos de microalgas

La fase 1 obedece al primer objetivo específico que tiene como finalidad “experimentar con cultivos de microalgas comprobando su utilidad para la enseñanza de los flujos de materia, energía e información”; para ello, se realizará la experimentación en la Colección de Insectos Acuáticos (CIA) del Departamento de Biología (DBI) de la Universidad Pedagógica Nacional, de donde fueron proporcionados las cepas, los materiales y equipos necesarios para la experimentación.

Entre las cepas se encontró dos unidades en líquido con volúmenes que oscilaban los 200ml, y dos unidades en sólido preparadas con Bold’s Basal Medium (BBM) y agar agar; las cepas de microalgas presentes corresponden a dos especies algales: *Parachlorella kessleri* y *Scenedesnus sp*, esto de acuerdo a los registros proporcionados en la CIA y los docentes encargados de la misma.

De igual manera se procede a revisar las cepas de microalgas vivas través de la metodología descrita por Arraiza, Viguria, Navarro y Ainciburu (s.f.), Delgadillo y Góngora (2008) y Rivera (2017), en donde se especifica el procedimiento para el análisis en fresco de preparaciones húmedas y organismos acuáticos como algas, larvas, etc.; Se debe extraer y poner una gota (alícuota) sobre el porta objetos y posteriormente cubrirla cuidadosamente con la laminilla para evitar burbujas de aire, posteriormente se lleva a la platina del microscopio donde se hace un recorrido en zigzag con el objetivo de menor aumento (Delgadillo y Góngora, 2008). Los microscopios ópticos *Advanced* y *Leica Gallen III* fueron proporcionados por el laboratorio de biología de la Universidad Pedagógica Nacional.

Se revisan alícuotas de cada cepa para verificar las especies algales allí presentes, para lo cual se observan cinco alícuotas de cada una y se verifica que los organismos allí presentes coincidan con los reportes de la colección. Para el diagnóstico de las especies se revisa la *Galería fotográfica de microalgas de la Ficoteca de la UPN* de Delgadillo y Góngora (2008) y la *Clasificación taxonómica de microalgas presentes en un consorcio microbiológico que biorremedia el efluente de una planta de sacrificio de bovinos y porcinos* de Ayala (2015).

Una vez verificado el estado de las cepas y la presencia de los organismos de interés, se procede a propagar las cepas antiguas en medio de cultivo BBM (Bold's Basal Medium), un medio altamente enriquecido y que se utiliza para cultivar algas verdes (Stein, 1979). El BBM se encuentra compuesto por soluciones stock (ver *Tabla 1.*) a composiciones concentradas de nutrientes, las cuales están formuladas por sales minerales que se emplean en un medio particular.

Tabla 1. Macronutrientes y micronutrientes que componen el Bold's Basal Medium (Adaptado de Delgadillo, 2014 y Watanabe, 2005)

Bold's Basal Medium					
Compuestos				Solución stock (g/L dH₂O)	Cantidad usada (ml/L)
	#	Nombre	Formula		
MACRO NUTRIENTES	1	Nitrato de Sodio	NaNO ₃	25.00	10
	2	Cloruro de Calcio dihidratado	CaCl ₂ - 2H ₂ O	2.50	10
	3	Heptahidrato de Sulfato de Magnesio	MgSO ₄ - 7H ₂ O	7.50	10
	4	Fosfato dipotásico	K ₂ HPO ₄	7.50	10
	5	Fosfato Monopotásico	KH ₂ PO ₄	17.50	10
	6	Cloruro de Sodio	NaCl	2.50	10
MICRO NUTRIENTES	7	Solución EDTA alcalina	EDTA (Titriplex III) KOH	50.00 31.00	1
	8	Solución ácida de hierro	FeSO ₄ x 7 H ₂ O H ₂ SO ₄	4.98	1
	9	Solución de boro	H ₃ BO ₃	11.42	1
	10	Solución de metales traza	ZnSO ₄ 7H ₂ O	8.82	1
			MnCl ₂ 4H ₂ O	1.44	
MoO ₃			0.71		
CuSO ₄ 5H ₂ O			1.57		
		Co(NO ₃) ₂ 6H ₂ O	0.49		

A partir de la preparación de las soluciones Stock, se procede a realizar el medio de cultivo de acuerdo a las cantidades establecidas para 1Lt. en la *Tabla 1.*, se diluye y completa volumen con agua destilada y, se reparte en botellas de vidrio en las cuales se llevará a cabo el cultivo de microalgas. Una vez repartido el medio de cultivo en las botellas (250ml aproximadamente para c/u) se tapan con papel aluminio y sobre él con papel vinipel, seguido a esto se lleva a esterilización en autoclave para eliminar todos los microorganismos del medio (Rojas-Triviño, 2011).

Se procede a realizar la siembra de la cepa escogida (cepa pura de *Parachlorella kessleri*) en cada una de las botellas con medio de cultivo BBM esterilizado, para ello y evitando la contaminación del medio de cultivo, se realiza entre dos o tres mecheros encendidos como se evidencia en la *Figura 7.*, a continuación se cogen 10ml de la cepa con una pipeta estéril y se llevan a cada una de las botellas. Seguido a esto se pone una tapa que posea un agujero en donde quepa el tubo de vidrio que le proporcionará dióxido de carbono atmosférico y un agujero para una aguja de jeringa que permita la salida de oxígeno y dióxido de carbono, provenientes de procesos fisiológicos como la fotosíntesis y la respiración, así como se evidencia en la *Figura 8.*



Figura 7. Procedimiento de réplica de cepa de microalga en medio de mecheros encendidos (Elaboración propia)



Figura 8. Nuevos medios de cultivo que poseen la cepa de microalga (izquierda) y los materiales que le permitirán la entrada y salida de gases (derecha). (Elaboración propia)

A continuación y de acuerdo con la metodología descrita por Delgadillo (2014), se adecuan las condiciones de cultivo óptimas, proporcionando luz artificial en fotoperiodos de 16/8 (luz/oscuridad) a través de lámparas fluorescentes y un sistema de aireación permanente como se evidencia en la *Figura 9*.



Figura 9. Nuevos medios de cultivo con adecuación de condiciones óptimas (Elaboración propia)

Posteriormente se realiza una revisión documental para establecer las variables que van a permitir demostrar los flujos de materia, energía e información, para lo cual se estipulan las siguientes hipótesis:

- El crecimiento poblacional es producto de la obtención de los nutrientes que posee el medio, por tal motivo es evidencia de los flujos de materia, energía e información; si se alteran las concentraciones de nutrientes en los cultivos, su crecimiento poblacional será diferente.
- La fotosíntesis es responsable de la producción de alimento para los organismos autótrofos. Si se modifican la luz como una variable que afecta directamente la fotosíntesis, no habrá un crecimiento poblacional igual al que ocurre en condiciones óptimas.
- El flujo de CO₂ debe proporcionar el carbono necesario para producir oxígeno a partir de la fotosíntesis. Si se interrumpe el flujo de CO₂ en microalgas aisladas en alginato de calcio, se debe evidenciar el desprendimiento de oxígeno resultante de dicho proceso.

Habiendo definido las hipótesis a partir de variables que van a posibilitar evidenciar los flujos de materia, energía e información se procede a construir los montajes experimentales:

Simulación de medios de diferente trofía

De acuerdo a la clasificación de Vollenweider (1968), Delgadillo (2014) realiza una experimentación que permite establecer las características en términos de Nitratos y Fosfatos que debe poseer un ecosistema acuático Eutrófico y Oligotrófico, a través de ello se realizan los stock con concentraciones de Nitrógeno y Fósforo simuladas para las dos trofías como se evidencia en la *Tabla 2*.

Tabla 2. Concentraciones simuladas de fósforo y nitrógeno en los reactivos de BBM (Delgadillo, 2014, p.29)

Estado trófico	Compuesto	Solución Stock (g/Lt dH ₂ O)	Cantidad usada (ml/L)	Concentración final en el medio (Moles)
Oligotrófico	NaNO ₃	2.31	1	2.71 x 10 ⁻⁵
	K ₂ HPO ₄	0.46	0.01	2.63 x10 ⁻⁸
	KH ₂ PO ₄	1.08	0.01	7.91 x10 ⁻⁸
Eutrófico	NaNO ₃	99.06	1	1.16 x 10 ⁻³
	K ₂ HPO ₄	4.57	0.01	2.63 x10 ⁻⁷
	KH ₂ PO ₄	10.76	0.01	7.91 x10 ⁻⁷

Se construyen las soluciones stock para la simulación de ambas trofías (*Figura 10*) y se preparan los medios de cultivo a partir de lo planteado en las concentraciones establecidas por Delgadillo (2014) en la *Tabla 2*.



Figura 10. Soluciones stock con concentraciones de nitrógeno y fósforo simuladas para dos trofías diferenciadas. (Elaboración propia)

Crecimiento poblacional

Se repite el procedimiento de siembra realizado anteriormente con el medio de cultivo BBM original, teniendo en cuenta los procedimientos descritos para siembra, luz y oxigenación. Se siembran las algas en una botella de cada trofia y se procede a realizar conteo celular (ver *Figura 11*) una vez terminado el procedimiento de la siembra y todos los días hasta obtener datos que validen la hipótesis planteada, a través de la metodología de conteo de Hematocitómetro o cámara de Neubauer descrita por Rojas-Triviño (2011) y Bastidas (2009).



Figura 11. Medios de cultivo con trofías diferenciadas (izquierda) y cámara de Neubauer al microscopio (derecha). (Elaboración propia)

Luz diferenciada

Adicionalmente se prepara medio de cultivo en sólido, tomando 30ml de cada medio preparado y agregando 15gr/Lt de Agar agar, dejando cocinar y vertiéndolo en dos cajas de Petri estéril cada uno. Se cubre con papel vinipel y se lleva a la autoclave de acuerdo a la metodología descrita por Rojas-Triviño (2011).

Una vez esterilizado el medio de cultivo, se deja enfriar y se repica la cepa de microalgas que pertenecen a la CIA al igual que se realizó con los medios de cultivo en líquido. La forma de inocular las cepas es con un aza de microbiología en forma de zigzag, distribuyendo la cepa en los medios de cultivo en sólido. A continuación se procede a modificar las variables: ambas cajas de Petri de cada trofía se dejan cerca de la fuente de luz para que esta sirva de fuente de energía, pero una caja de Petri de cada trofía se pone en una base de cartulina negra que altere la intensidad de luz que llegue a las microalgas como se evidencia en la *Figura 12*.

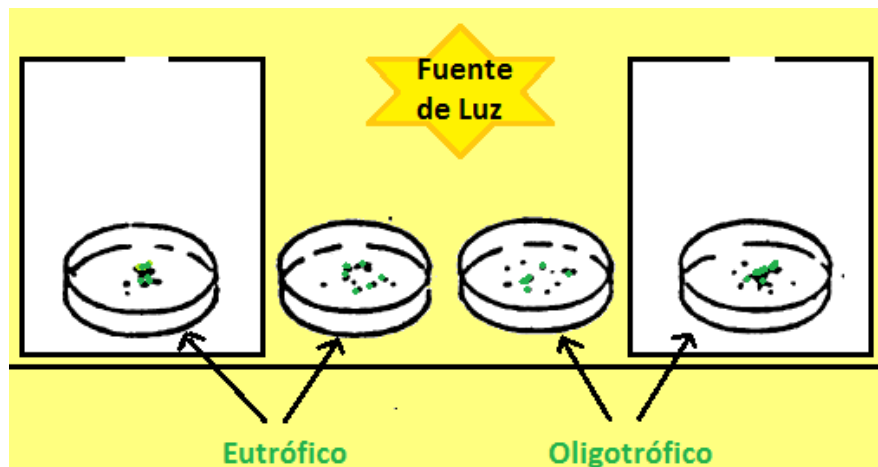


Figura 12. Esquema para el experimento con los cultivos de microalgas en sólido. (Elaboración propia)

Se realiza mediciones diarias con una cinta métrica para estimar el crecimiento poblacional de las microalgas en el medio sólido.

Capsulas de alginato

De acuerdo a la metodología descrita por Forero-Cujiño, Montenegro-Ruiz, Pinilla-Agudelo, y Melgarejo-Muñoz (2016) y Delgadillo (2014) se inmovilizan las microalgas en capsulas de alginato de calcio, para ello se realiza una solución de

de alginato de sodio al 4 % en agua destilada estéril. Esta mezcla se agita vigorosamente durante una hora y los grumos remanentes se disuelven por calentamiento en microondas hasta obtener una solución homogénea. Esta solución se deja en refrigeración entre 12 y 36 horas para eliminar las burbujas. A continuación se realiza la mezcla del alginato con las algas (obtenidas del cultivo en BBM) en relación 1 a 1, obteniendo así la solución algal. Seguido a esto se prepara una solución de cloruro de calcio (0,66gr por 200ml de agua destilada) y se deja enfriar el cloruro a 4°C en una cama de hielo; con una jeringa estéril de 1 ml se toma la solución algal y se dejan caer gotas al cloruro de calcio. Luego se deja reposar por 12 horas a temperatura de 4° para estabilizar las capsulas (ver *Figura 13*).



Figura 13. Esferas de alginato de calcio con solución algal (Delgadillo, 2014)

Una vez inmovilizadas las microalgas se dejan en botellas de vidrio con 250ml de medio BBM y condiciones de cultivo óptimas ya establecidas (fotoperiodos de Luz 16/8 y aireación), como se evidencia en la *Figura 14*.



Figura 14. Capsulas de alginato con solución algal en botellas de cultivo Fed-batch (Delgadillo, 2014)

Para finalizar se definen las condiciones y protocolos para evidenciar el flujo de materia, energía e información en microalgas a partir del enfoque de investigación mixto propuesto por Hernández-Sampieri (2014).

Fase 2: Talleres teórico-prácticos sobre los flujos en los sistemas acuáticos

Esta segunda fase denominada *Talleres teórico-prácticos sobre los flujos en los sistemas acuáticos* está orientada por el objetivo específico: “elaborar talleres teórico-prácticos utilizando cultivos de microalgas para la enseñanza de los flujos de materia, energía e información”. Para ello se propone una revisión documental de los materiales educativos expuestos en los antecedentes, así como también de los materiales educativos que se encuentren en plataformas digitales y bibliotecas y, que sean dirigidos a maestros de ciencias, entre los que se encuentran guías de laboratorio, protocolos de clase y guías docente entre otras, con el fin de caracterizar y fundamentar el diseño, contenido y demás orientaciones que se

puedan establecer a partir de ello. Adicionalmente se seleccionan la cantidad de talleres a realizar producto de la experimentación resultante de la fase metodológica 1 con el objeto de delimitar el contenido y definir las características que deben llevar.

Por último se define el tipo de material educativo conforme a lo expuesto por los miembros del seminario “Los materiales educativos en la sociedad de la información” (2006), evaluando la necesidad y la población a la que va dirigido y se procede a su elaboración.

Fase 3: Validación del material educativo

Como lo menciona Ziemendorff & Krause (2003) citados por Salasar, Shamah, Escalante y Jiménez (2012) “la validación se entiende como la investigación que se realiza con los representantes de un grupo de personas a los cuales va dirigido un material específico, la finalidad es que ellos opinen sobre los instrumentos antes de que éstos ingresen a la etapa de manufactura” (p.100). Teniendo en cuenta lo anterior se propone la tercera y última fase de la metodología, orientada por el objetivo específico “validar el material educativo con maestros de biología del distrito, proponiendo los flujos de materia, energía e información como eje de reflexión sobre el uso e importancia del recurso hídrico”.

Para tener veracidad en el proceso de validación se proponen tres momentos con diferentes actores. El primer momento consiste en una validación interna que será a cargo de un experto del grupo de investigación. En un segundo momento y una vez realizada la validación interna, se procede a validar con docentes del distrito, estos docentes escogidos en el marco del macroproyecto de investigación *Agua Cachaca*. Los docentes deberán evaluar respecto a los caracteres seleccionados (diseño, contenido, pertinencia de los objetivos, coherencia con la finalidad, perspectiva pedagógica y didáctica, y si es acorde para cualquier colegio, curso y población). En último momento, se procede a validar a través de la implementación de uno o varios talleres que sean escogidos por los docentes de los colegios en los cuales se encuentren ejerciendo.

Una vez acabada la validación se ajusta y adecua el material educativo respecto a las correcciones y consideraciones planteadas a través de cada uno de los momentos anteriormente mencionados.

Discusión de resultados

De acuerdo a la metodología propuesta, los resultados de esta investigación se dan conforme a las fases propuestas para la misma, en esa medida, fase 1: experimentación; fase 2: elaboración del material educativo y; fase 3: validación, se desarrollan en los siguientes apartados.

Fase 1: Experimentación con cultivos de microalgas

Formulada la metodología, se preparan los medios de cultivo preestablecidos (2 para cada trofia) de acuerdo a lo aportado por Delgadillo (2014), y se procede a esterilizar los medios en autoclave. Terminado el proceso de esterilización, se dejan reposar los medios con el fin de que estos lleguen a temperatura ambiente, donde se vierten 10ml de la cepa a trabajar con la especie *Parachlorella kessleri* y se somete cada medio a las condiciones preestablecidas de aire y luz para su óptimo funcionamiento en términos de la dinámica ecológica.

Crecimiento poblacional

Se realizan las mediciones del crecimiento poblacional diario en los medios de diferente trofia a través de la metodología descrita por Bastidas (2009) con un estimado del 20% al 30% de error. Los datos expresados en #células/ml para la simulación de oligotrofia y eutrofia se encuentran en la *Figura 15 y 16* respectivamente.

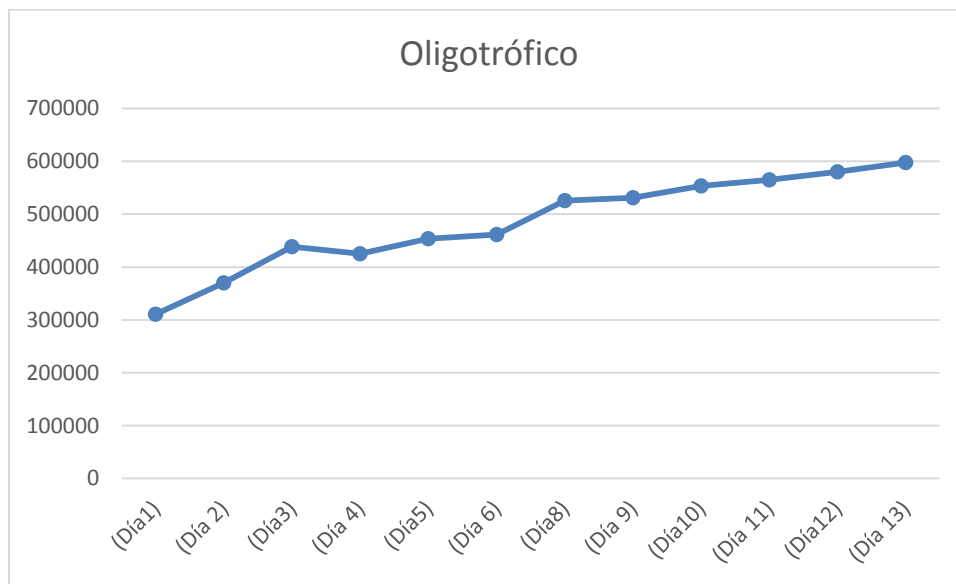


Figura 15. Crecimiento poblacional diario estimado en #células/ml para medio de cultivo Oligotrófico.

Como se evidencia en la *Figura 15*, desde el día de la siembra (día 1), hasta el día en que se realizó el último conteo celular en cámara de Neubauer (día 13), se duplicó la concentración celular estimada en 1ml, evidenciando un notable aumento en la biomasa algal. Cabe resaltar que su crecimiento en los primeros 8 días es más considerable con respecto al resto de días, en los cuales se podría decir que aunque se evidencia el aumento de la población, se reduce la tasa de crecimiento, posiblemente debido a la falta de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo.

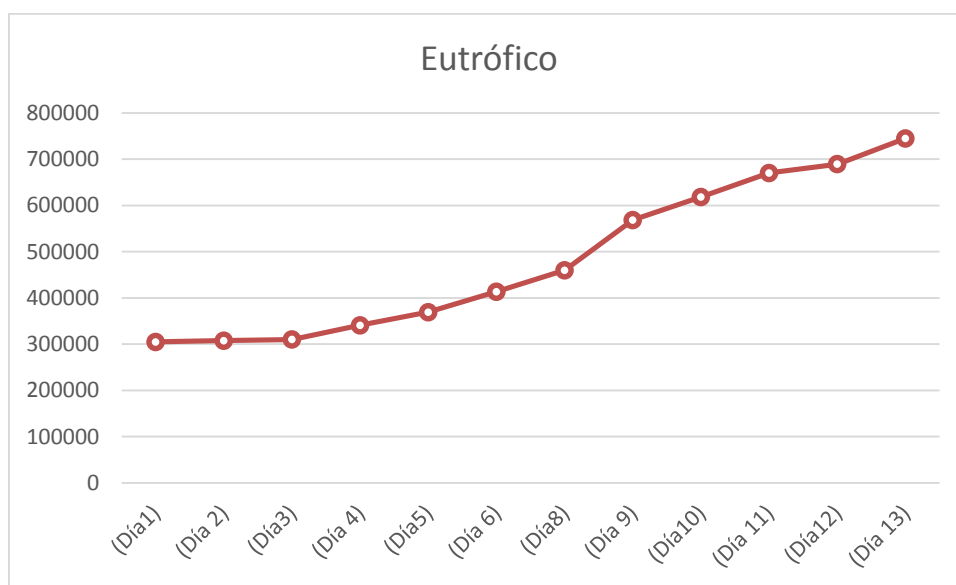


Figura 16. Crecimiento poblacional diario estimado en #células/ml para medio de cultivo Eutrófico.

La *Figura 16* por otro lado, mantiene su concentración celular en los primeros 3 días y luego se evidencia un crecimiento exponencial continuo hasta el último día de la medición, algo que en términos de Roldan (1978), se evidencia en un notable aumento de la biomasa algal producto de las concentraciones elevadas de nitrógeno y fósforo, fenómeno conocido como eutrofización. En esa medida, González-Delgado, Barajas-Solano, y Ardila-Álvarez (2017) afirman que:

El nitrógeno puede incrementar la productividad en la composición de la biomasa, especialmente, de pigmentos y proteínas debido a que este elemento, en forma de nitrato, se asimila en las células de la microalga y se emplea como fuente de nutrientes para mejorar su crecimiento, mientras que el fosfato constituyente del adenosín trifosfato (ATP), aporta la

energía necesaria para las actividades metabólicas y contribuye al crecimiento de la microalga. (p. 454)

Articulado a lo anterior, Ruiz (2011) menciona que el fósforo (tomado en forma de ortofosfatos (P-PO₄⁻³)) es otro de los macronutrientes esenciales en el crecimiento de las microalgas. (p.33)

En la *Figura 17* se evidencia el contraste entre el crecimiento poblacional en ambos medios con diferente trofía, evidenciando a su vez el mayor aumento en términos de las concentraciones de nutrientes que poseen cada uno de los medios.

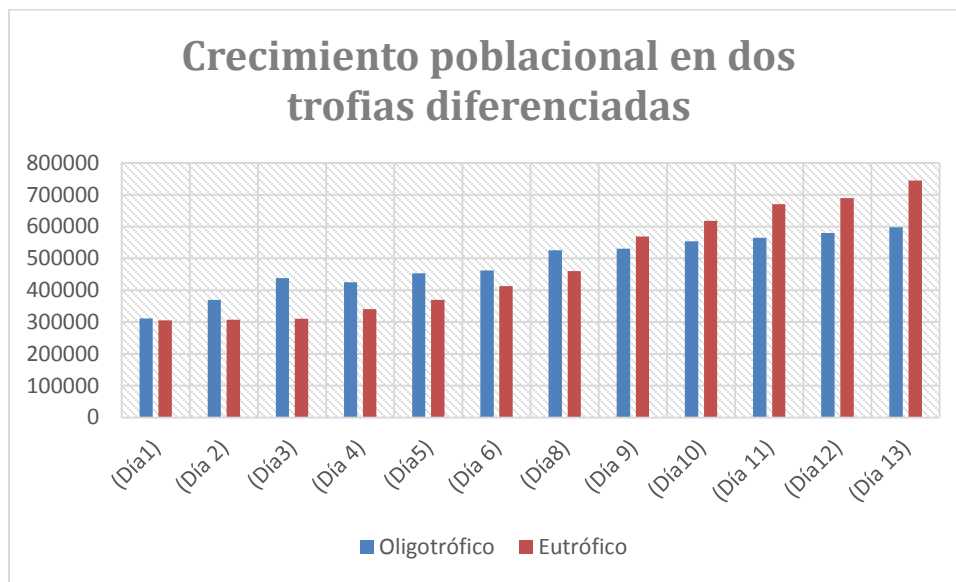


Figura 17. Contraste del crecimiento poblacional estimado en #células/ml para ambas trofías.

En esa medida, encontramos que las microalgas están usando los nutrientes presentes en el medio, para producir más biomasa, y energía que posibilite la dinámica ecológica (Moreno, 2012; Naeem et al., 1999; y Odum et al., 1988); se encuentran intercambiando materia y energía con el ecosistema, así mismo, la cantidad de nutrientes diferenciado en cada medio demuestra que, como lo menciona *Margalef* citado por Terradas (2015), las microalgas leen el entorno en términos de analizar los nutrientes disponibles y realizar o inhibir sus funciones fisiológicas y reproductivas, en esa medida hablamos de flujo de información.

De forma cualitativa, este crecimiento poblacional y por ende el flujo de materia, energía e información se puede observar a simple vista, ya que como lo menciona

Figuroa y Lara-Isassi (1998), las especies de menor abundancia presentaban menor biomasa, tal es el caso la evaluación visual que se hace en la *Figura 18*, donde se contrasta la fotografía tomada el día de la siembra y la fotografía tomada a los medios de cultivo el día del último conteo celular, evidenciando mayor biomasa algal en el cultivo con simulación de Eutrofía.

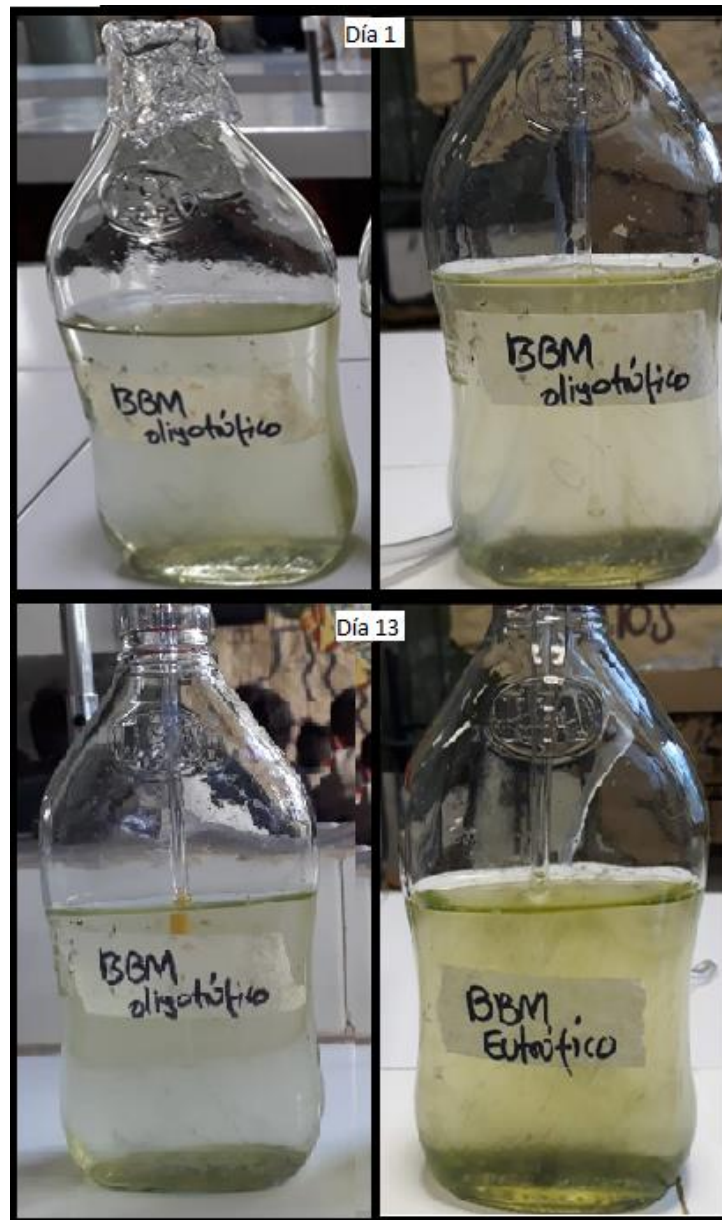


Figura 18. Evidencia visual del crecimiento poblacional en los dos medios con trofia diferenciada.

Luz diferenciada

Otro de los experimentos realizados fue el del cultivo de microalgas en sólido con medio de diferente trofía, para ello se realizaron los montajes de acuerdo a lo especificado en la metodología y se procedió a realizar mediciones diarias para evidenciar el comportamiento de las algas frente al crecimiento poblacional con modificación de la variable luz como se evidencia en la *Figura 19*.



Figura 19. Medios de cultivo en sólido de las dos trofías con variable de luz diferenciada.

Los medios de cultivo se someten a luz artificial en fotoperiodos de 16/8 (luz/oscuridad) a través de lámparas fluorescentes de acuerdo a la metodología propuesta por Delgadillo (2014). A partir de las 24 horas de realizada la inoculación, se evalúa de manera visual y se encuentra que los cultivos expuestos a la luz poseen un “punto” verde producto del crecimiento algal (Ver *Figura 20*), en esa medida se procede a hacer una medición del diámetro trazado a través de una regla, y así sucesivamente hasta el día 10 (ver *Figura 21*).



Figura 20. Medios de cultivo en sólido de las dos trofías con variable de luz diferenciada.

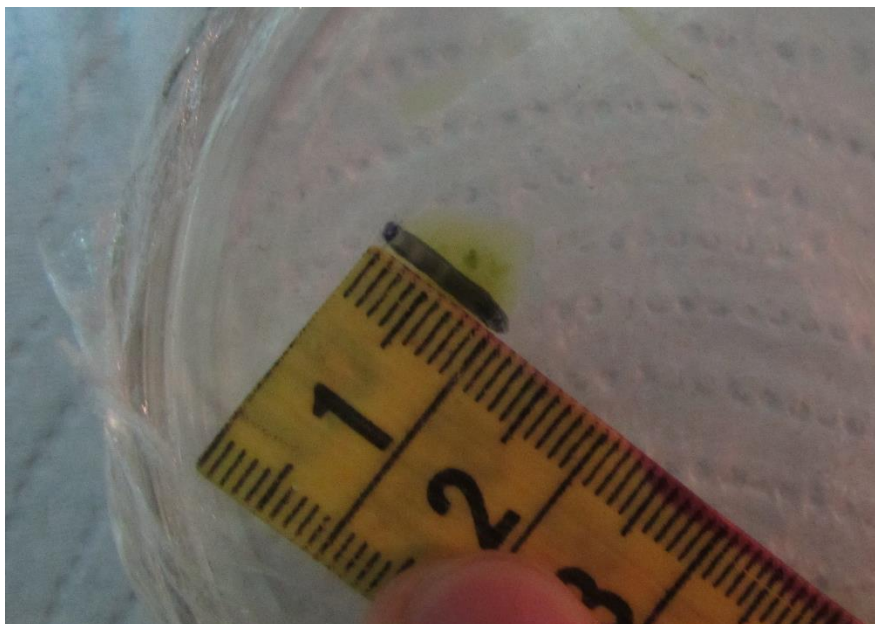


Figura 21. Medición de crecimiento a través del diámetro de esta unidad.

Los dos medios ubicados ante la fuente de luz demostraron un crecimiento evidenciable a simple vista, tal como se estima en la *Figura 22*. Por otro lado, los cultivos en sólido que estuvieron dentro de las bases de cartulina y por ende sin la intensidad lumínica, no demostraron cambio alguno en las primeras 24 horas, pero conforme pasaron los días, estos demostraron un crecimiento leve, como se evidencia en la *Figura 23*.

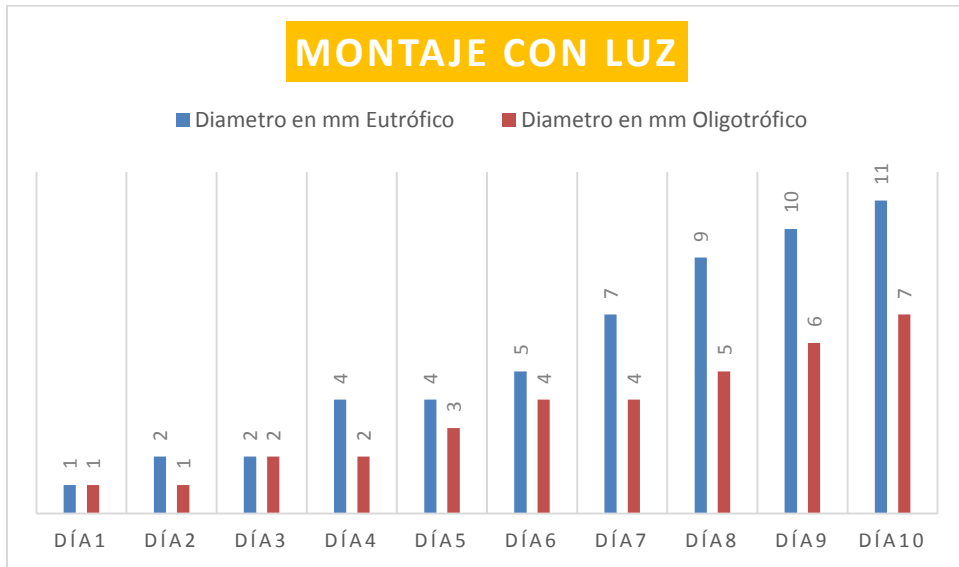


Figura 22. Crecimiento de microalga en montajes con luz.

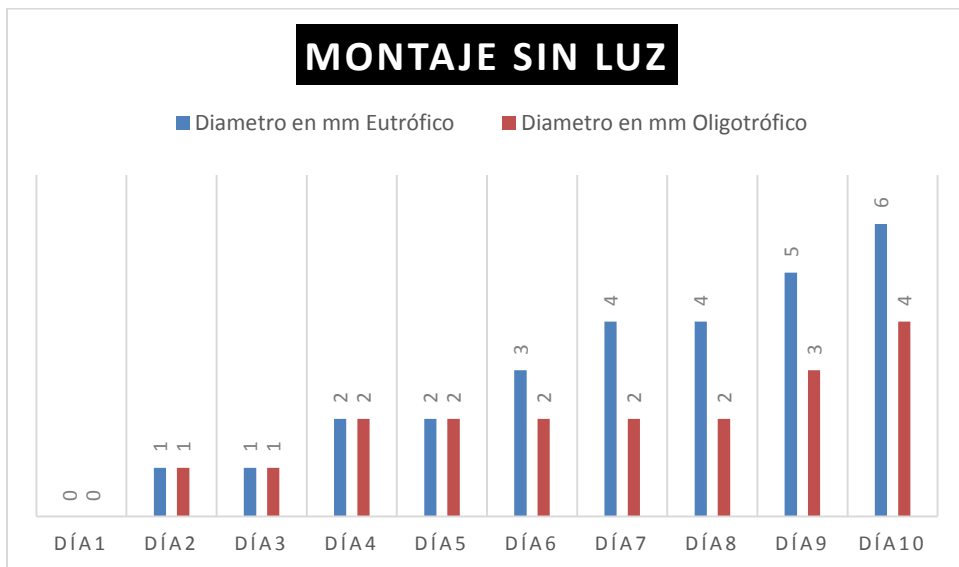


Figura 23. Crecimiento de microalga en montajes sin luz.

A pesar de poseer diferencias, todos los medios sólidos (expuestos y no a la luz) demostraron un crecimiento evidenciable conforme al primer día y esto puesto a que como lo menciona Santos, Segura y Núñez (2010) el crecimiento se refiere a

un incremento irreversible de materia seca o volumen, producto de muchos procesos entre los que se encuentra la fotosíntesis, síntesis de otros compuestos, respiración, traslocación, absorción y transpiración. En esa medida existe un flujo dentro del sistema, ya que hay aumento de biomasa a partir de varios procesos ya mencionados.

Badillo et al. (2010) mencionan que las comunidades ecológicas se encuentran conectadas a través de estos flujos de materia y energía y, que es a través de estos que convergen los componentes abiótico y biótico y, que su punto de convergencia es la fotosíntesis. En esa medida cabe mencionar que la fuente de luz está proporcionando la energía necesaria para que los procesos metabólicos en la microalga sucedan de manera rápida, lo que explica porque no crecen de la misma manera los medios privados de luz. Otro factor allí evidenciable son los nutrientes que componen el medio de cultivo, ya que estos proporcionan los recursos necesarios para que el alga en términos de Terradas (2015) realice o inhiba sus funciones fisiológicas y reproductivas (flujo de información).

Capsulas de alginato

Así mismo, la experimentación a través de la inmovilización de microalgas en capsulas de alginato de calcio consistió en un análisis cualitativo, en el cual al desconectar la aireación del medio de cultivo se puede evidenciar desprendimiento de burbujas de oxígeno. Se recogen datos por un tiempo considerable (5 minutos), y se repite el procedimiento tres veces, dando un día de reposo entre medición y en condiciones de cultivo normales. Del procedimiento se obtuvo que en las esferas expulsaban burbujas de oxígeno al desconectar la aireación por los cinco primeros minutos, teniendo su pico más alto de desprendimiento de burbujas en el minuto 1 como se evidencia en la *Figura 24*.

Este oxígeno que se desprende es producto del proceso fisiológico de la fotosíntesis, proceso que consiste en la fijación biológica del CO₂ y la obtención de oxígeno como producto (Giraldo, 2013, y Velásquez y Ulate, 2014). En esa medida, la liberación de oxígeno a través de las microalgas capturadas en las capsulas de alginato de calcio evidencian nuevamente el flujo de materia y energía, que se dan naturalmente en los sistemas acuáticos.

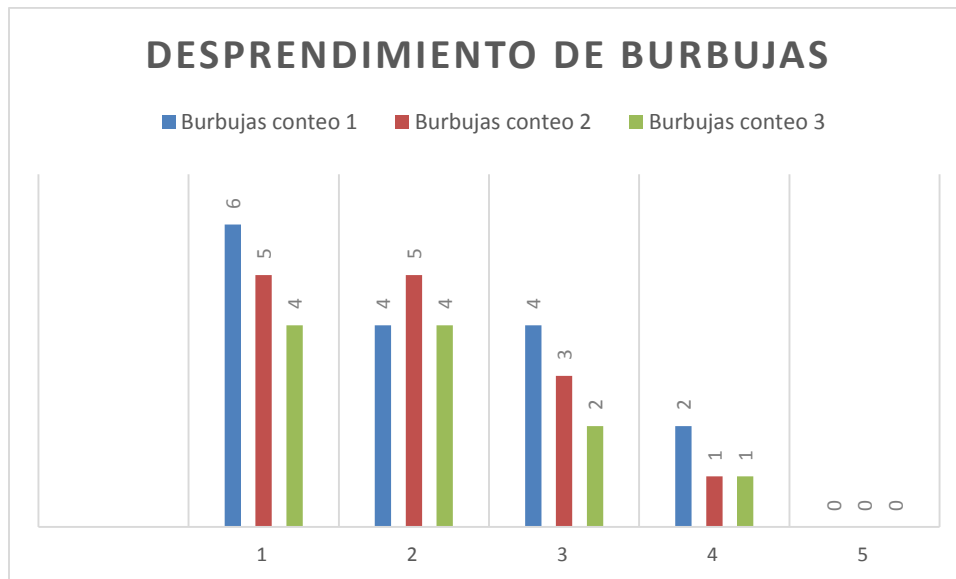


Figura 24. Desprendimiento de burbujas por minuto de conteo

Fase 2: Talleres teórico-prácticos sobre los flujos en los sistemas acuáticos

Esta segunda fase denominada *Talleres teórico-prácticos sobre los flujos en los sistemas acuáticos* está orientada por el siguiente objetivo específico: “elaborar talleres teórico-prácticos utilizando cultivos de microalgas para la enseñanza de los flujos de materia, energía e información”. Para ello, y teniendo en cuenta los experimentos y sus protocolos con cultivos de microalgas a través de la fase metodológica 1: “*Experimentación con cultivos de microalgas*”, se pasó a definir los contenidos y el diseño que debían comprender estos talleres.

Si bien, de la experimentación se obtuvo que a través de procesos fisiológicos como la respiración, la fotosíntesis y, procesos ecológicos como el crecimiento poblacional, se podía demostrar el tema de interés “flujos de materia, energía e información”, se definen para ello seis talleres teórico-prácticos para docentes, en los cuales se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones en el marco del macroproyecto Agua Cachaca:

- Talleres que sean aplicables a cualquier ambiente educativo formal (colegios distritales públicos y/o privados).
- Material educativo dirigido a docentes de biología de educación básica y media.
- Metodologías de trabajo sencillas, que se articularan a cualquier contexto académico, social y económico de las instituciones.
- Talleres flexibles, que no involucraran un marco pedagógico único y que se pudiera adaptar a cualquier contexto educativo.

Teniendo en cuenta lo anterior, se procedió a definir los talleres, y a su vez el material educativo que como menciona Morales (2012), son un conjunto de medios que intervienen y facilitan el proceso de enseñanza-aprendizaje, pudiéndose tratar de medios en físico, virtuales, electrónicos, etc.

Revisión documental de materiales educativos

Considerando que el material propuesto es en forma de talleres teórico-prácticos que sirvan de guía docente, se realizó una revisión documental para analizar materiales educativos en físico, digital e interactivos, con el fin de evaluar contenido, organización y diseño.

Se revisaron en total veinte materiales educativos entre protocolos de laboratorio, guías de docencia, cartillas pedagógicas y artículos de texto sobre construcción de materiales educativos, entre los cuales se destacaron nueve que permitieron definir el diseño de este material. De los recursos analizados, los que tenían características que resaltan en la elaboración del material propuesto son los siguientes:

- El primer material educativo revisado fue el realizado por Moreno (2012): *“Diseño de un manual guía del docente para el estudio limnológico de ecosistemas acuáticos para el fortalecimiento de conceptos científicos en estudiantes de educación media”*. De esta guía docente se tiene en cuenta su estructura y diseño; Propone preguntas orientadoras dirigidas a los estudiantes que incentivan al análisis y reflexión del cuerpo de conocimientos relacionados con la temática estudiada, indagando sobre las preconcepciones e identificando los conocimientos previos, esto en el marco del aprendizaje significativo. Esta guía resalta también por la estética y

diseño con la que se presenta, ya que visualmente es atractiva y precisa en la configuración de las actividades propuestas.

- Caicedo (2014) en el trabajo titulado “*Evaluación del efecto antagónico de Trichoderma harzianum frente a microhongos y bacterias fitopatógenas del cepario del laboratorio de biotecnología de la UPN*” propone una guía práctica de trabajo en el laboratorio realizando una articulación entre talleres pedagógicos y las prácticas experimentales, también potenciando la investigación a través preguntas orientadoras y el planteamiento de hipótesis.
- La “*Guía ilustrada: introducción al estudio de las microalgas*” de Delgadillo y Góngora (2008), se propone como un material educativo con un contenido riguroso que se organiza de una manera sencilla y comprensible a todo lector, desdoblando el conocimiento desde lo particular hasta llegar al tema de interés. También llama la atención su diseño, ya que se hace atractivo al lector, propiciando su interpretación y llamando su atención.
- Ranchal (2015) en el trabajo titulado “*Diseño de un material didáctico para la educación ambiental*” formulo un material educativo en el cuál se incluían fichas docente y fichas para alumnos. Cada ficha contenía unos objetivos con intensiones educativas, una temporalización en el que se especificaba el tiempo de la actividad en clase, el procedimiento de cada actividad, los resultados didácticos, las conclusiones y las fuentes consultadas para la realización del taller.
- El “*Protocolo: cultivos de microalgas*” del Fondo nacional de desarrollo Pesquero, realizado por Vásquez y Chávez (2009), propone una metodología más precisa con el objetivo de establecer criterios de laboratorio para microalgas y su cultivo. En este protocolo se especifican materiales, equipos y el acondicionamiento ambiental que se deben tener en cuenta para el cultivo de microalgas. Llama la atención que su diseño no es el más llamativo, pero su contenido es riguroso y específico.
- El material educativo realizado por Muñoz (2017) en el marco de la práctica pedagógica titulada “*Enseñanza de la ecología en la escuela para el reconocimiento de ecosistemas acuáticos del municipio de Facatativá*” propone planeaciones de clase, guías de campo y protocolos de laboratorio.

Los planes de clase atienden a la metodología deductiva en donde se parte de lo general para así llegar a lo particular, en estos se adjuntan las temáticas a desarrollar con tiempo y preparación para cada clase, sugiriendo también un marco conceptual para guiar al docente en el desarrollo de las temáticas.

- En la obra colectiva titulada: “*Ciencias naturales 1. Recursos para el docente*” de Cambiasso, et al. (2015) proponen varias secciones o capítulos en el que se especifican las temáticas y objetivos a trabajar en cada uno, así como también se realizan sugerencias para la preparación, desarrollo y cierre de cada sesión, promoviendo el papel del docente y la reflexión pedagógica.
- Del material educativo diseñado por Rivera (2018) en el marco del trabajo titulado “*Prácticas experimentales de laboratorio con Microalgas: enseñar conceptos biológicos a maestros de biología en formación a partir de la ficoteca*” se exponen unidades digitales de prácticas de laboratorio en donde se le da énfasis a la experimentación y se exponen recomendaciones y resultados esperados para cada protocolo.
- El texto “*La validación de materiales educativos. Una alternativa para mejorar la comunicación educativa*” elaborado por Osorio (1989) propone de manera rigurosa elementos a tener en cuenta a la hora de diseñar y evaluar un material educativo, haciendo recomendaciones sobre el diseño, las gráficas y el contenido.

Contenido

Ya que la finalidad educativa de estos talleres es la enseñanza de los flujos de materia, energía e información a través de los cultivos de microalgas, se procede a definir los contenidos que permiten dicho proceso.

Primero, y teniendo en cuenta los documentos revisados, especialmente el de Delgadillo y Góngora (2008), Moreno (2012), Rivera (2017) y Muñoz (2017) se propone que los talleres partan de lo general hacia lo particular, haciendo alusión a la metodología de razonamiento deductivo descrita por Ruiz (2007). En ese sentido, se propone que el primer taller sea introductorio a la temática, y se define que debe ir enfocado hacia las **Microalgas**, por tal motivo lleva ese mismo nombre y propone reconocer y caracterizar estos organismos y su importancia ecológica. El siguiente

taller “**Medios de Vida**” lleva como objetivo caracterizar los ecosistemas acuáticos de acuerdo a sus concentraciones de nutrientes y la producción de biomasa a partir de las microalgas. El taller número tres denominado “**Flujos de MEI**” propone analizar las microalgas a la luz de los flujos de materia, energía e información como interacción ecológica que permiten la dinámica y funcionamiento de los ecosistemas. El taller cuatro “**Fotosíntesis**”, cinco “**Respiración**”, y seis “**Crecimiento Poblacional**” pretenden evidenciar los flujos de materia, energía e información a través de procesos fisiológicos y ecológicos de las microalgas. En ese sentido y retomando a Medellín, Vargas y Ojeda, (2016) “se señalan los saberes que se transforman en conocimiento y que funcionan para explicar los fenómenos de la naturaleza” (p.11).

Diseño de los Talleres

Primero se define el nombre que llevará el material educativo, esto de acuerdo a la temática a trabajar y haciendo énfasis en la pretensión que tienen estos talleres, afirmando que el contenido es para docentes como se evidencia en la *Figura 25*. El nombre se hace explícito tanto en la caratula del documento, como en la portada del mismo, además de poseer una marca de agua en el encabezado de todo el documento.



*Figura 25.*Caratula (izquierda) y portada (derecha) del material educativo. (Elaboración propia)

El documento posee una tabla de contenido donde se hacen explícitos los títulos y talleres que este contiene. A continuación se hace una breve introducción en donde se argumenta la importancia del agua y las microalgas en los ecosistemas

acuáticos, y el enfoque del documento, especificando nuevamente que es una guía docente presentada como material educativo para la enseñanza de los flujos de materia, energía e información. Se presenta el objetivo educativo y luego los materiales que se necesitan para realizar los procedimientos y talleres en el marco del cultivo de microalgas.

A continuación se presenta los talleres y una descripción del cómo se encuentran planteados. Se define que los talleres que se exhiben son una articulación entre la planeación de clase, la actividad de laboratorio y el procedimiento que el docente debe llevar para completar el objetivo propuesto, esto en concordancia con los materiales educativos revisados, principalmente los de Caicedo (2014), Moreno (2012), Ranchal (2015) y Medellín, Vargas, y Ojeda (2016)

Cada taller contiene los siguientes aspectos:

- Posee una línea temática que define el tema del taller y con el cuál se orienta y desarrolla el mismo, un objetivo que propone una meta educativa y, unas preguntas orientadoras que estimulan el pensamiento y la retroalimentación del conocimiento (ver *Figura 26*), permiten el análisis de fenómenos observados y fortalece la comprensión de los mismos. Adicionalmente se estima un tiempo previsto para cada taller, este contempla simplemente el desarrollo durante las orientaciones de clase pero no las actividades previas ni posteriores.

EXPERIMENTANDO CON MICROALGAS: EVIDENCIAS DE FLUJOS EN LOS SISTEMAS ACUÁTICOS

MICROALGAS

LÍNEA TEMÁTICA Microalgas		SESIÓN No. 1	TIEMPO: 120 minutos
OBJETIVO Conceptualizar el término microalga y su importancia ecológica en los sistemas acuáticos.	PREGUNTAS ORIENTADORAS ¿Qué son las microalgas? ¿Cuáles son las divisiones y sus niveles de organización?		

ACTIVIDADES PREVIAS			
ACTIVIDAD	OBJETIVO	RECOMENDACIONES	RECURSOS
1	Recoge muestras de agua en cualquier cuerpo acuático	Recopilar material vivo para analizar en laboratorio	Botella de vidrio, guantes de nitrilo
2	Lleva las muestras al laboratorio y obsérvalas al microscopio	Reconocer el fitoplancton presente en los sistemas acuáticos de Bogotá	Microscopio óptico, láminas y laminillas y, guía ilustrada de microalgas de Delgadillo y Góngora (2008)
3	Relaciona los resultados obtenidos con el estado ecológico del cuerpo de agua de donde recogiste la muestra	Interpretar ecológicamente los resultados obtenidos	Bibliografía de consulta
4	Deja las muestras en un lugar fresco y al alcance de luz natural (o artificial en su defecto)	Proveer condiciones mínimas para la supervivencia de las microalgas	Si puedes conseguir un aireador de peceras, úsalo para proporcionar oxígeno a las microalgas y así permitir sus funciones fisiológicas

Figura 26. Parte inicial de cada taller, en él se relaciona el nombre de cada taller, la temática, preguntas orientadoras, tiempo y actividades previas.

- La metodología se divide teniendo en cuenta tres momentos, un antes, un desarrollo y un después del taller: a.) **Actividades previas:** Formulan actividades que debe desarrollar en preparación para cada clase. En ellas se estipulan recursos y recomendaciones a tener en cuenta, como se evidencia en la *Figura 27.*; b.) **Orientaciones pedagógicas:** Se expone de manera rigurosa las actividades, objetivos, recomendaciones, recursos y tiempo que debe llevar el desarrollo del taller (ver *Figura 27*). En esta parte existe un recuadro denominado **Retroalimentación** que propone una serie de preguntas de cada taller que sobresalen y, unas consideraciones para tener en cuenta; c.) **Actividades posteriores:** Son las actividades que se deben hacer después de cada taller y que son preparatorias para los siguientes talleres.

ORIENTACIONES PEDAGÓGICAS					
	ACTIVIDADES	OBJETIVO	RECOMENDACIONES	RECURSOS	TIEMPO
Presémbulo	Act. 1: Diálogo con los estudiantes.	Reconocer los conocimientos previos de los estudiantes.	Socializar preguntas orientadoras	Preguntas orientadoras de la clase, tablero y marcadores.	20 min
Desarrollo	Act. 2: Fundamentación teórica	Acercar al estudiantado al término microalga y su importancia ecológica	Responder inquietudes surgidas en el marco de la actividad 1. Ilustrar el contenido temático con fotos y contenido bibliográfico.	Galería fotográfica y guía ilustrada de Delgadillo y Góngora (2008)	30 min
Cierre	Act. 3: Análisis de muestras	Reconocer las microalgas presentes en un sistema acuático de Bogotá.	Lleva una gota de agua de las muestras recolectadas al microscopio. Observa e identifica las microalgas (formas, tamaños y colores)	Microscopio, laminas y laminillas, gotero o pipeta Pasteur	50 min
	Act. 4: Articular conocimientos para la resolución de preguntas problema	Plantear hipótesis sobre la importancia ecológica de los sistemas acuáticos	Formula preguntas sobre los ecosistemas acuáticos y las microalgas asociadas a ellos (Ej: ¿Es posible encontrar microalgas en todos los sistemas acuáticos? ¿Cuál es el papel ecológico de estos organismos en el sistema acuático?)	Podrías crear un taller para recoger y sistematizar lo discutido en clase.	20 min
RETROALIMENTACION		¿Qué organismos fitoplanctónicos encontraste en la muestra de agua? ¿Qué ocurrió durante el desarrollo de tu práctica? ¿Qué aspectos a mejorar crees pertinentes? Coméntanos tus opiniones al correo cascadaqrupodeinvestigación@gmail.com y ayúdanos a mejorar nuestro material educativo			

Figura 27. Segunda parte en la metodología de cada taller, donde se estiman las orientaciones pedagógicas y las recomendaciones para el desarrollo del mismo.

ACTIVIDADES POSTERIORES				
	ACTIVIDAD	OBJETIVO	RECOMENDACIONES	RECURSOS
1	Acondicionamiento de los materiales para la esterilización.	Preparar los materiales de vidrio para los medios de cultivo.	Lavar todos los materiales y/o recipientes de vidrio con jabón neutro. Secar con servilletas limpias el material lavado. Envolver en papel periódico y sellar con cinta de enmascarar cada unidad de vidrio.	Material de vidrio (Botellas de aguardiente, tubos y cajas de Petri), jabón neutro, servilletas.
2	Esterilización de materiales de vidrio.	Disponer del material estéril para realizar los cultivos de microalgas	Esterilizar en Autoclave o a través de baño de maría los recipientes debidamente envueltos en papel periódico sin dejar abertura alguna. Retirar los materiales sin dañar y/o arrancar el papel periódico; sólo en caso de dar uso directo a algún recipiente de vidrio debe ser desenvuelto del papel periódico, de lo contrario mantenerlo sellado para conservar su esterilización.	Materiales de vidrio, autoclave o recipiente para hacer baño de maría (puede ser una olla a presión)

Figura 28. Tercera parte en la metodología de cada taller, en esta se encuentran las actividades posteriores que debe desarrollar el docente para preparar el próximo taller.

- Al finalizar la parte metodológica, se realizan **Observaciones** (No aparecen en todos los talleres) que pueden sugerir o dar claridad en algunos procesos, seguido de un **Marco conceptual** en donde se encuentran referentes teóricos que posibilitan la comprensión de la temática y, se finaliza con **Bibliografía recomendada** en donde se encontrará el material bibliográfico utilizado para la formulación del taller y la bibliografía recomendada para ampliar el contenido de los temas expuestos.

Fase 3: Validación del material educativo

Teniendo en cuenta que validar es tener y hacer que una cosa tenga las condiciones necesarias para lograr un propósito determinado (Osorio, 1989), se procede a validar el material educativo diseñado, para ello se establecen tres formas de validación: una validación interna realizada por un experto de la línea de investigación, una validación realizada a través de la implementación de uno o dos talleres pertenecientes al material educativo para docentes en colegios del distrito y, una validación a través de los docentes escogidos en el marco del macroproyecto ya mencionado.

Validación interna

Una vez diseñado el material educativo, se entrega al grupo de investigación para que este, a través de un docente perteneciente al mismo, evalúe y valide el material educativo conforme a los criterios de estructura, diseño, contenido, coherencia interna, factibilidad y viabilidad en los colegios del distrito donde serán implementados.

Las recomendaciones que surgen de esta primera validación son las siguientes:

Se menciona que los talleres contienen una ilación pertinente, en donde se parte de lo general a lo particular, todo en el marco de la temática trabajada como objeto de conocimiento que para este caso son los Flujos de materia, energía e información. Se hacen pequeños ajustes de coherencia y redacción, ya que en algunos casos no se es específica el contenido, dejando en la ambigüedad si se trata de un material

educativo dirigido a estudiantes o docentes, para ello se solicita revisar la finalidad del objetivo educativo que allí se propone.

Principalmente se hacen correcciones frente a la forma y en cuando a cómo se expresan los contenidos, para lo cual se recomienda ser más específico en algunos temas, ya que los docentes del distrito pueden que no conozcan las metodologías mencionadas, y por tanto se pueden generar confusiones, por lo se aconseja adaptarlo de manera que logre llegar a todo la población.

En cuanto a la forma, se añade que se debe jugar mejor con los espacios, imágenes y colores, ya que esto permite que sea legible y principalmente llamativo al lector, potenciando su comprensión e interés en el tema.

Finalmente, se hacen recomendaciones en torno a la finalidad de los talleres, tales como recomendaciones pedagógicas en torno al desarrollo de cada uno.

Validación a través de Implementación

Conforme al proceso de selección que llevó a cabo el proyecto de investigación Agua Cachaca, se implementan algunos talleres en dos de los colegios previstos para ello, en los cuales se encontraban ejerciendo docentes Cocreadores y validadores.

El primer colegio donde se desarrolló la implementación de dos de los talleres planteados fue el colegio Bachillerato Patria, un colegio de carácter público y situado en el norte de la ciudad capital. En este colegio, la docente validadora se encargaba de las clases de ciencias en grado noveno.

Una vez selecciona la población a trabajar, se realiza la implementación de dos talleres: el primero fue el taller de *Microalgas*, en donde se evidencia interés de los estudiantes en el reconocimiento de estos organismos a partir de lo socializado en clase (ver *Figura 29*). El segundo taller implementado fue el de *“Medio de vida”* en donde se potenciaron habilidades científicas y el planteamiento de hipótesis con las actividades diseñadas para dicho taller.



Figura 29. Fotografía del taller de reconocimiento de microalgas en sistemas acuáticos en colegio Bachillerato Patria (Muñoz, 2018)

El otro colegio donde se logra hacer la implementación de talleres es la *Institución Educativa Distrital Luis Eduardo Mora Osejo*, también de carácter oficial y situado en Usme. En este colegio la docente Validadora se encarga de las clases de ciencias en grado sexto y séptimo. La población con la que se realiza el taller es un grupo de sexto (ver *Figura 30.*), en el cual a petición de la docente interesada, se realiza una combinación de dos talleres, el de “*Medios de vida*” y el de “*Microalgas*”, dos temáticas que llaman la atención por su contenido y actividades en el marco del plan curricular que se venía desempeñando con los estudiantes.



Figura 30. Fotografía del taller de reconocimiento de microalgas en sistemas acuáticos en colegio Institución Educativa Distrital Luis Eduardo Mora Osejo (Moreno, 2018)

Cabe mencionar que la última validación a través de la implementación se realizaría en la Institución Educativa Distrital el Porvenir, pero debido al calendario escolar académico se habían previsto otro tipo de actividades que no permitieron el libre desempeño de dichas actividades en el marco de la validación.

De las implementaciones en ambos colegios cabe anotar que los estudiantes se mostraban entusiasmados en el conocimiento y participaron activamente de los talleres, ya que este tipo de actividades prácticas “incentivan la curiosidad y el análisis de los estudiantes”(Medellín, Vargas y Ojeda, 2016, p.23).

Las dos implementaciones desarrolladas tuvieron lugar con poblaciones estudiantiles diferentes, si bien ambos colegios eran de carácter públicos, se encuentra que hay diferencias en tanto sociales, como económicas, ya que uno de los colegios se encontraba ubicado hacia el norte de la ciudad y el otro en el sur, casi que se podría decir que colindaba con la zona rural de Bogotá. También, se debe mencionar que ambas poblaciones se diferenciaban de acuerdo a los niveles académicos en los cuales se encontraban, ya que un grupo pertenecía al grado

noveno del colegio Bachillerato Patria y el otro grupo era de grado sexto de la Institución Educativa Distrital Luis Eduardo Mora Osejo. De lo anterior mencionado cabe resaltar que a pesar de ser dos poblaciones diferentes se pudo desarrollar a cabalidad los talleres en el marco del material educativo diseñado. Esto demuestra que los talleres se articulan a cualquier espacio académico de educación básica y media, con actividades llamativas a los estudiantes y contenidos claros que permiten un aprendizaje significativo. Además de la flexibilidad de los talleres para articularlos a cualquier contexto educativo.

Cabe anotar que los talleres no poseen un enfoque pedagógico único, posibilitando que se adhieran a cualquier espacio académico o necesidad de la institución, además de ser flexibles en tanto modificaciones y necesidades de cada colegio; sin embargo se encuentran orientados bajo la metodología del “aprender haciendo” que se desprende del aprendizaje significativo (Arrieta, Alían y Ruiz, 2017).

Validación a través de maestros de Bogotá

Para la validación externa a través de los maestros seleccionados en el macroproyecto “*Agua Cachaca: Caja de herramientas educativas*”, se usó el formato de validación propuesto por el equipo de investigación y que contiene los aspectos evaluativos que se relacionan en tres categorías, cada una con unos criterios específicos, de los cuales se relacionan en la *Tabla 3*.

Tabla 3. Elementos evaluativos del material educativo propuestos por el equipo de investigación (2018)

Categoría	Criterios
Diseño	Letra y estética
	Organización del contenido
	Material gráfico
	Narrativa visual
	Ortografía
Contenido	Temas del taller
	Fundamentación teórica
	Metodología del paso a paso
	Bibliografía
Finalidad	Coherencia con las temáticas
	Coherencia con los procedimientos
	Coherencia con la apropiación del recurso hídrico
Observaciones generales adicionales	

En la categoría “Diseño”, se plantearon cinco criterios, de los cuales cada evaluador debía marcar con una “x” si el material educativo cumplía o no con el criterio, y justificar la respuesta en un recuadro de observaciones. A continuación se estima el compilado de respuestas por criterio con las observaciones realizadas.

Tabla 4. Respuestas a los criterios de la categoría *Diseño*.

Categoría: Diseño								
Criterio	Validador 1		Validador 2		Validador 3		Validador 4	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Letra y estética	1		1		1		1	
Organización del contenido	1		1		1		1	
Material gráfico	1		1		1		1	
Narrativa visual	1		1		1		1	
Ortografía	1			1	1			1

Cabero (citado en Monedero, 2007) añade que el diseño es un aspecto importante a la hora de analizar el cumplimiento de la misión con la cual está elaborado el medio de enseñanza y a su vez satisfaga las necesidades educativas del momento. Por otro lado Morales P. (2012), reduce el contenido a todo aquello que será aprendido, bien sea un lema, una lección o una unidad de aprendizaje

De acuerdo a los criterios evaluados para esta categoría, las observaciones que se realizan para cada uno son las siguientes:

Para el Criterio: Letra y estética, el formato se encontraba con el siguiente texto adjunto: “El tipo de letra, y estética que se maneja en el taller es pertinente”. En este criterio se encontró que el 100% de los validadores marcaron que si se cumple el criterio como se muestra en la *Figura 31*.



Figura 31. Porcentaje Criterio “letra y estética”

En este criterio los validadores mencionan que en términos del diseño de letra y estética es pertinente ya que es diferente, atractivo y ayuda a situarse en la temática, además de afirmar que el fondo es llamativo; también se menciona que el tipo de letra y el tamaño son adecuados, pero que hay que revisar el color para que esté acorde con el diseño del documento. Aunque se menciona en términos generales que el criterio se cumple se realizan algunas sugerencias, como por ejemplo en el manejo de mayúsculas sostenidas y signos de puntuación en algunos casos.

Para el Criterio: organización y contenido, el formato se encontraba con el siguiente texto adjunto: “La organización del contenido en el taller resulta adecuada para el desarrollo de este”. En este criterio se encontró que el 100% de los validadores marcaron que si se cumple el criterio como se muestra en la *Figura 32*.



Figura 32. Porcentaje Criterio “organización y contenido”

Para este criterio los evaluadores mencionan que se cumple el criterio ya que para el Validador 1 “la organización de los talleres lleva a un desarrollo secuencial y ordenado”, en el mismo sentido el Validador 2 menciona que el documento tiene “una organización bastante pertinente, y que su línea de trabajo es apropiada y, permite una implementación propicia del taller”. Por su parte el Validador 3 recomienda poner más gráficas al contenido teórico para hacer más práctico el diseño. El Validador 4 añade que “la organización de la información a través de tablas resulta oportuna y permite desarrollar paso a paso cada momento de los talleres”.

Para el Criterio: material gráfico, el formato se encontraba con el siguiente texto adjunto: “El material gráfico (fotografías, videos, colores, ilustraciones y decoración) le resulta acorde para el tema que se está tratando”. En este criterio se encontró que el 100% de los validadores marcaron que si se cumple el criterio como se muestra en la *Figura 33*.



Figura 33. Porcentaje Criterio “material gráfico”

Con respecto al material gráfico los evaluadores mencionan que se cumple el criterio ya que las imágenes son acordes, sin embargo sugieren incluir imágenes de lo que se espera ver al observar al microscopio. También se sugiere hacer una revisión de la coloración del fondo y los elementos gráficos, ya que en ocasiones pierden legibilidad, desaprovechando su intención y confundiendo al lector.

Para el Criterio: narrativa visual, el formato se encontraba con el siguiente texto adjunto: “La narrativa visual es pertinente al contexto educativo”. En este criterio se encontró que el 100% de los validadores marcaron que si se cumple el criterio como se muestra en la *Figura 34*.

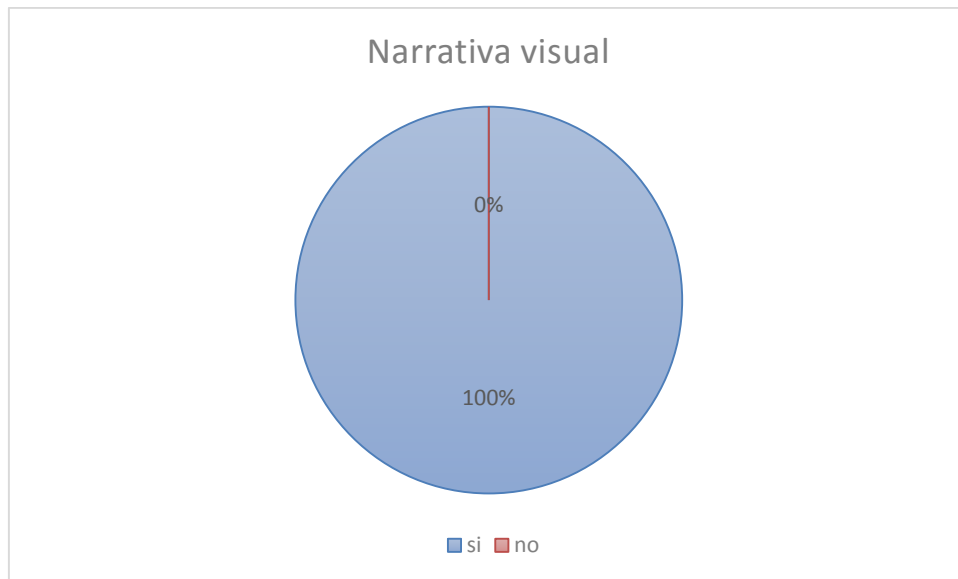


Figura 34. Porcentaje Criterio “Narrativa visual”

Los evaluadores afirman que se cumple el criterio ya que cada uno de los aspectos gráficos es oportuno y promueve la comprensión para los diferentes actores del contexto escolar.

Para el Criterio: Ortografía, el formato se encontraba con el siguiente texto adjunto: “El taller se encuentra libre de errores ortográficos y gramaticales”. En este criterio se encontró que el 50% de los validadores marcaron que si se cumple el criterio, y el otro 50% mencionó que no se cumple como se muestra en la *Figura 35*.

En este criterio los validadores 2 y 4 respectivamente concuerdan que no se cumple el criterio ya que el documento presenta algunos errores en términos de falta de signos de puntuación como tildes, puntos y comas. Por su parte, los validadores 1 y 3 aseguran que si se cumple el criterio.

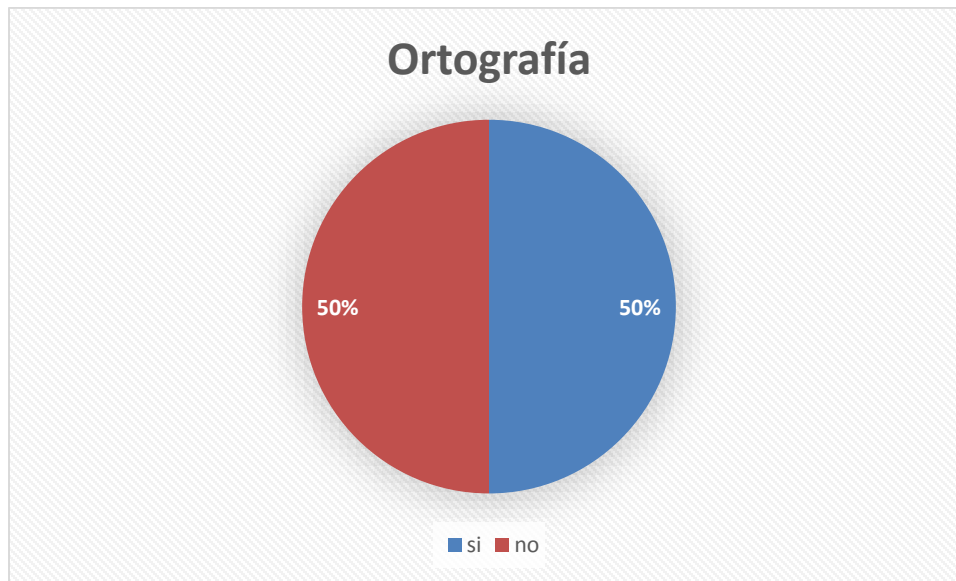


Figura 35. Porcentaje Criterio "Ortografía"

Para evaluar la categoría "contenido" se plantearon cuatro criterios, de los cuales cada evaluador debía marcar con una "x" si el material educativo cumplía o no con el criterio, y justificar la respuesta en un recuadro de observaciones. A continuación se estima el compilado de respuestas por criterio con las observaciones realizadas.

Tabla 5. Respuestas a los criterios de la categoría *Contenido*.

Categoría: Contenido								
Criterio	Validador 1		Validador 2		Validador 3		Validador 4	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Temas del taller	1		1		1		1	
Fundamentación teórica	1		1			1	1	
Metodología paso a paso	1		1		1		1	
Bibliografía	1		1		1		1	

Según Garduño (2009), una característica relevante de los contenidos educativos es su flexible estructuración pedagógica en tanto que su finalidad consiste en reforzar los aprendizajes; por ello, la búsqueda de un conocimiento significativo implicaría por lo menos tomar en cuenta que los recursos educativos deben tener

un ordenamiento lógico, ser relevantes y propiciar en el alumno la investigación documental, y la investigación de campo o de laboratorio complementaria a dichos recursos.

De acuerdo a los criterios evaluados para esta categoría, las observaciones que se realizan para cada uno son las siguientes:

Para el Criterio: Temáticas del taller, el formato se encontraba con el siguiente texto adjunto: “Las temáticas del taller permiten la enseñanza de la dinámica de los sistemas acuáticos”. En este criterio se encontró que el 100% de los validadores marcaron que si se cumple el criterio como se muestra en la *Figura 36*.

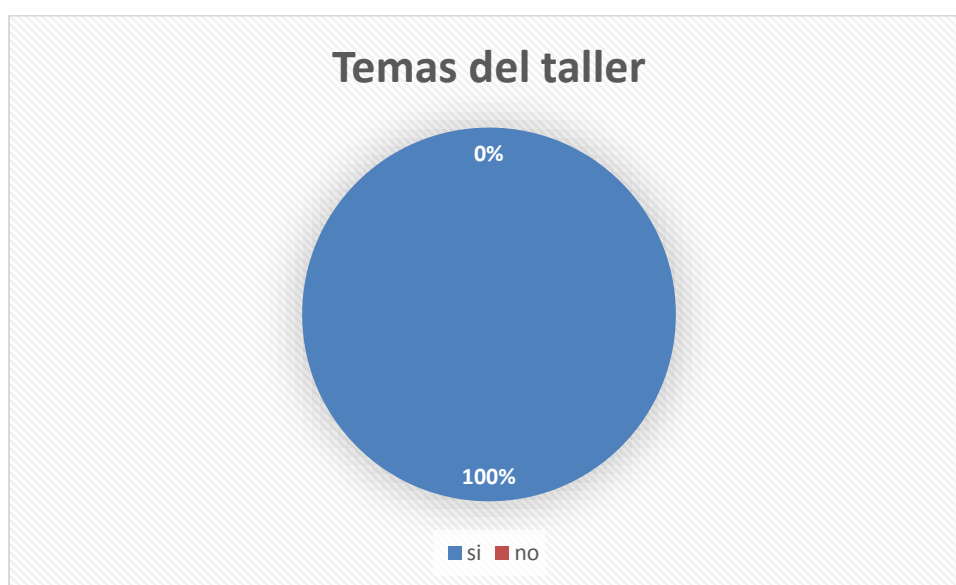


Figura 36. Porcentaje Criterio “Temáticas del taller”

Los validadores afirman que se cumple el criterios mencionado; principalmente para el Validador 1 “los talleres están enfocados desde lo disciplinar”, y aunque esto es fundamental se menciona que “faltan aspectos pedagógicos que se podrían incluir y se maximizarían los resultados educativos en su implementación, como situar al maestro en las habilidades de pensamiento que se pretenden desarrollar con cada uno de los talleres. Adicionalmente se podría incluir la manera como se van a verificar los aprendizajes alcanzados por los estudiantes, incluyendo alguna herramienta evaluativa”. Por su parte, el Validador 2 establece que “cada una de las temáticas de trabajo se encuentra asociada de manera equilibrada con la propuesta de enseñanza”.

Para el Criterio: Fundamentación teórica, el formato se encontraba con el siguiente texto adjunto: “La fundamentación teórica le permitió entender la temática planteada”. En este criterio se encontró que el 75% de los validadores marcaron que si se cumple el criterio como se muestra en la *Figura 37*.



Figura 37. Porcentaje Criterio “Fundamentación teórica”

En este criterio el validador 3 dice que no se cumple ya que se debe profundizar un poco más en el contenido de algunos talleres, por otro lado, los tres validadores restantes afirman que la fundamentación teórica es pertinente y concreta y en general permite que los diferentes aspectos de trabajo se comprendan y sustentan de manera pertinente lo que se plantea, por tal motivo su respuesta es afirmativa.

Para el Criterio: Metodología paso a paso, el formato se encontraba con el siguiente texto adjunto: “El paso a paso descrito dentro del taller es apropiado para su implementación por el docente”. En este criterio se encontró que el 100% de los validadores marcaron que si se cumple el criterio como se muestra en la *Figura 38*.



Figura 38. Porcentaje Criterio “metodología paso a paso”

De acuerdo al criterio, los validadores afirman su cumplimiento y añaden que este es muy detallado y claro, por lo que la línea de trabajo es bastante organizada, y hace que se retomen todos los elementos necesarios para lograr una implementación oportuna. El validador 4 hace la recomendación de hacer énfasis en las normas y medidas de seguridad que se deben tener para evitar la contaminación de los cultivos y los posibles riesgos para la salud.

Para el Criterio: Bibliografía, el formato se encontraba con el siguiente texto adjunto: “La bibliografía proporcionada es de ayuda y complementa teóricamente el taller”. En este criterio se encontró que el 100% de los validadores marcaron que si se cumple el criterio como se muestra en la *Figura 39*.

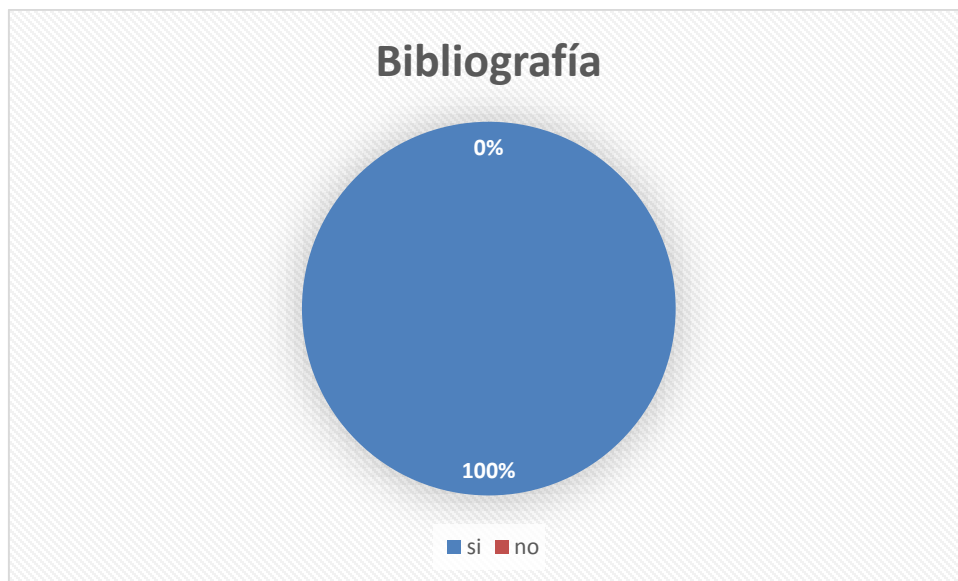


Figura 39. Porcentaje Criterio “Bibliografía”

La respuesta es afirmativa por parte de los validadores, y se añade que es un recurso importante ya que posibilita que el docente tenga profundización en las temáticas de trabajo, obteniendo un mejor abordaje del taller. El validador 4 aconseja que se “podría complementar con videos cortos de manera que se pueda realizar un abordaje del tema de manera más interactiva”.

Para evaluar la categoría “finalidad” se plantearon tres criterios, de los cuales cada evaluador debía marcar con una “x” si el material educativo cumplía o no con el criterio, y justificar la respuesta en un recuadro de observaciones. A continuación se estima el compilado de respuestas por criterio con las observaciones realizadas.

Tabla 6. Respuestas a los criterios de la categoría *Finalidad*.

Categoría: Finalidad								
Criterio	Validador 1		Validador 2		Validador 3		Validador 4	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Coherencia con las temáticas	1		1		1		1	
Coherencia con los procedimientos	1		1		1		1	
Coherencia con la apropiación del recurso hídrico		1	1		1		1	

Un material educativo debe poseer una finalidad, en ese sentido este debe ser útil para la comprensión de un concepto, principio o hecho (Morales P. A., 2012). Para este caso en particular, la categoría finalidad pretendió evaluar las temáticas, los procedimientos y el contenido en terminos de la coherencia con la apropiación del recurso hídrico.

De acuerdo a los criterios evaluados para esta categoría, las observaciones que se realizan para cada uno son las siguientes:

Para el Criterio: Coherencia de las temáticas, el formato se encontraba con el siguiente texto adjunto: “Los conceptos planteados a lo largo del taller contribuyen a un desarrollo entendible de la temática”. En este criterio se encontró que el 100% de los validadores marcaron que si se cumple el criterio como se muestra en la *Figura 40*.

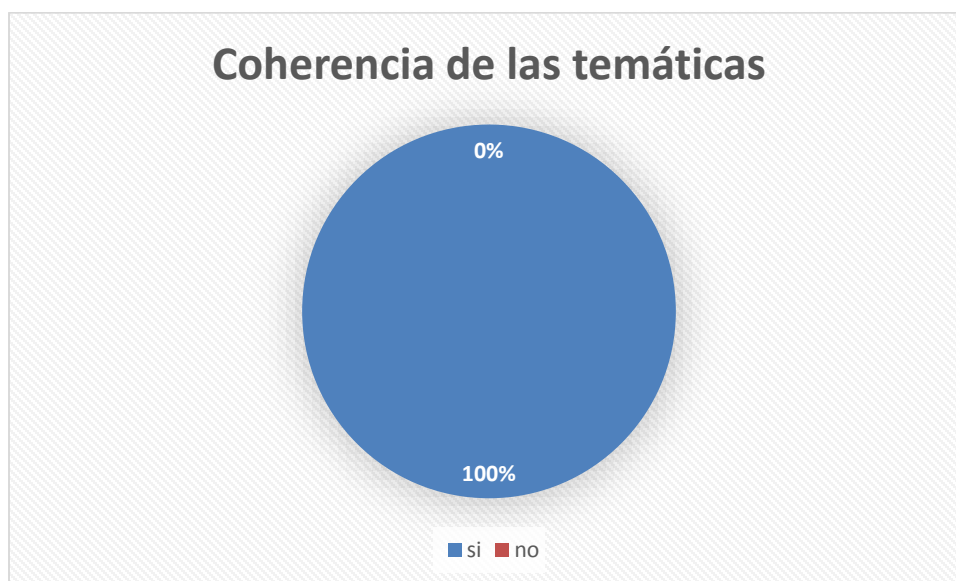


Figura 40. Porcentaje Criterio “coherencia con las temáticas”

Se cumple el criterio, por lo que el Validador 1 menciona que “desde lo disciplinar se cumple la finalidad, pero sin ser explicito se dan cumplimiento a el desarrollo de habilidades procedimentales y de pensamiento científico que no se enuncian; y que en el ámbito escolar es nuestro camino, más que el contenido es el desarrollo de habilidades que propiciamos abordando los conceptos.”, por su parte el Validador 2 menciona que los conceptos planteados son totalmente acordes con el trabajo y tienen una relación directa con el objeto de conocimiento. El Validador 4 aconseja incluir un listado de palabras o conceptos clave en forma de glosario.

Para el Criterio: Coherencia de los procedimientos, el formato se encontraba con el siguiente texto adjunto: “El paso a paso descrito dentro del taller conlleva a cumplir los objetivos propuestos en el mismo”. En este criterio se encontró que el 100% de los validadores marcaron que si se cumple el criterio como se muestra en la *Figura 41*.

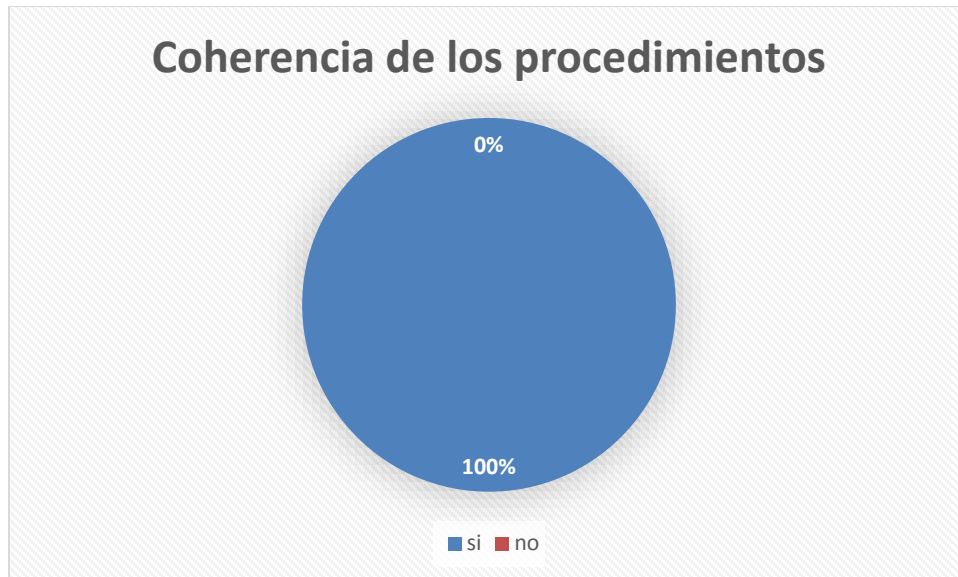


Figura 41. Porcentaje Criterio “coherencia de los procedimientos”

El Validador 1 menciona dentro de sus observaciones que cada actividad da cuenta del objetivo planteado, por su lado, el Validador 2 afirma que “se evidencia que cada uno de los pasos tiene una función particular en el taller, permitiendo que su articulación y por supuesto su abordaje, respondan a los objetivos planteados”; Los restantes validadores no realizan comentarios.

Para el Criterio: Coherencia con la apropiación del recurso hídrico, el formato se encontraba con el siguiente texto adjunto: “El taller propuesto posibilita la apropiación del recurso hídrico”. En este criterio se encontró que el 75% de los validadores marcaron que si se cumple el criterio como se muestra en la *Figura 42*

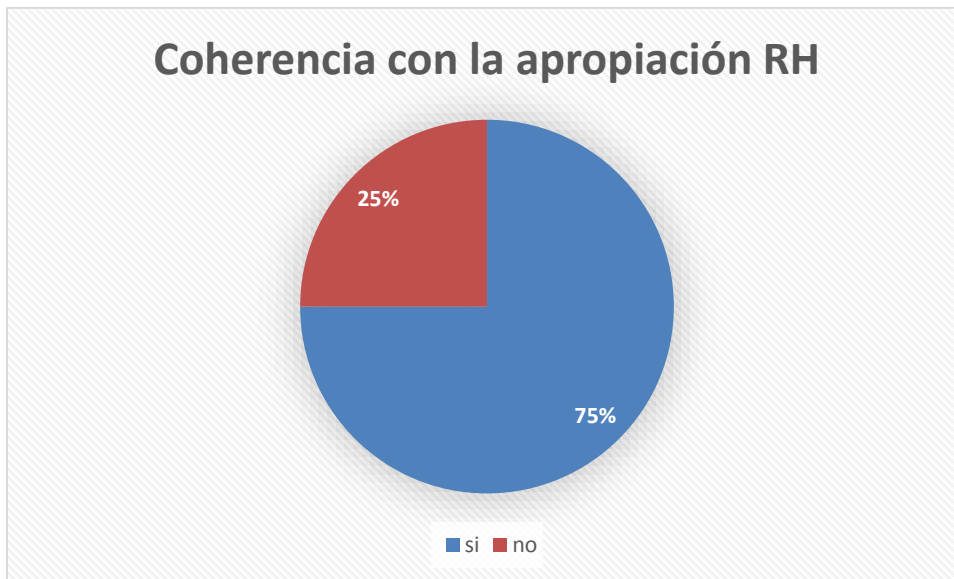


Figura 42. Porcentaje Criterio “coherencia con la apropiación del recurso hídrico”

En el marco de este criterio, el Validador 1 menciona que no se cumple ya que “los talleres nos muestran la importancia en términos biológicos y ecosistémicos que es un elemento importante para la apropiación del recurso hídrico pero no podría decirse que con ellos sea suficiente; la implementación de los talleres abre la posibilidad de articular a otras áreas del conocimiento como las ciencias sociales, la estadística y la gestión ambiental que mediante un trabajo interdisciplinar se apropie y transformen los cuerpos de agua cercano a los contextos educativos”. Por otro lado, el resto de Validadores afirma que se cumple totalmente, ya desde una perspectiva poco común en la escuela, este tipo de taller logra que el estudiante pueda apropiarse de conceptos diferentes, entendiendo el recurso hídrico desde una perspectiva sumamente innovadora, articulando organismos, redes tróficas y dinámicas en general. El validador 4 aconseja incluir el manejo del recurso no solo a nivel de comunidad (Recursos hídricos de Bogotá) sino que debe estar vinculado al hogar y la importancia que tiene para este, así como también para la industria y los vertimientos que le generan.

En el recuadro de **observaciones generales adicionales**, sólo el Validador 1 realizó consideraciones, entre las que menciona que este material educativo y los talleres allí contemplados son valiosos para el maestro, principalmente haciendo énfasis en su organización y planteamiento, ya que al dividir la metodología en actividades previas, orientaciones pedagógicas y actividades posteriores, potencian

el desarrollo de diversas habilidades de pensamiento en los estudiantes. También menciona que valdría la pena incluir estas habilidades de pensamiento dentro de los cuadros, dando también la posibilidad de ir complejizando e interrelacionando con otras áreas en la medida que se va alcanzando el desarrollo de determinada habilidad.

Los talleres aquí plasmados se constituyen como un trabajo práctico, que permite el aprendizaje de forma asequible, real y evidenciable (Medellín, Vargas, y Ojeda, 2016), en esa medida se convierten en un material educativo con alto potencial educativo y diversidad de posibilidades de enseñanza.

Finalizada la revisión de los formatos de validación (interno y externos), se incorporan las modificaciones en el material educativo con el fin obtener un producto validado, adecuado y ajustado a las correcciones.

Conclusiones

La experimentación con microalgas a partir de diferentes concentraciones de nutrientes en medios de cultivo, permite evidenciar la diversidad de dinámicas ecológicas en el ecosistema tales como el flujo de materia, energía e información, y esto a su vez posibilita los procesos de enseñanza-aprendizaje de la ecología fortaleciendo habilidades científicas y procedimentales a partir del ensayo-error.

La caracterización de procesos fisiológicos y la integración de datos cualitativos y cuantitativos de las microalgas permiten además de evidenciar los flujos de materia, energía e información, entender la dinámica ecológica que cumplen estos organismos en el funcionamiento de los ecosistemas, evidencia su potencial biológico y educativo.

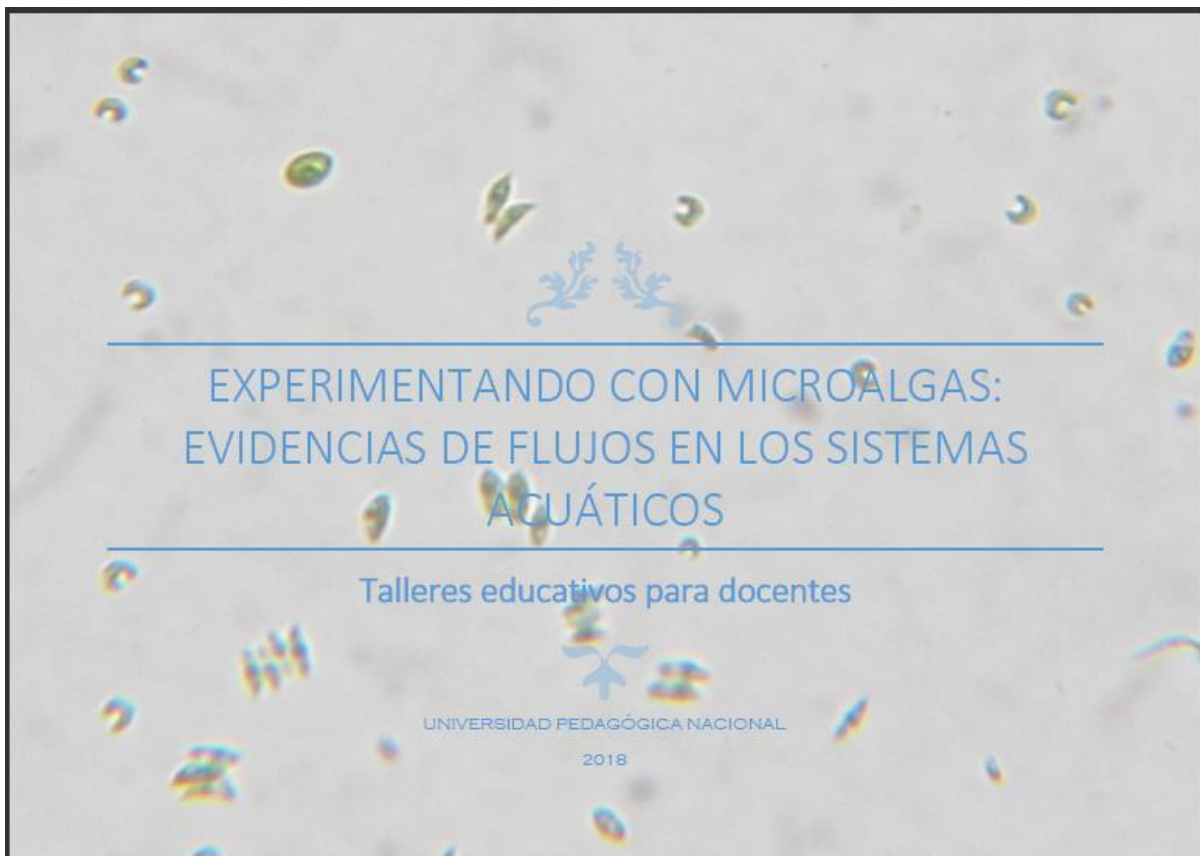
La elaboración de talleres teórico-prácticos para maestros podría posibilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje en el contexto escolar, además estos talleres se convierten en una alternativa pedagógica que articula temáticas ecológicas a un material educativo de manera sencilla, práctica y de fácil acceso económico, permitiendo desarrollar sus actividades en el marco de cualquier nivel de enseñanza y ambiente educativo.

La formulación, implementación y validación de algunos talleres del material educativo permite confirmar la utilidad e importancia de este en los contextos escolares, además de reflexionar su necesidad en términos de dinamizar y recrear los procesos educativos en la educación colombiana.

Este tipo de trabajos es importante porque permite ampliar el panorama investigativo del objeto de conocimiento del grupo Cascada, ya que retoma elementos novedosos para dar solución a problemas educativos a partir de la ecología.

B. Anexo: Experimentando con microalgas: evidencias de flujos en los sistemas acuáticos.

Este anexo es el material educativo diseñado a partir de los talleres teórico prácticos expuestos en el documento. Este material educativo va dirigido a docentes de Bogotá. El documento original se anexa fuera de este documento ya que el formato no permite adjuntarlo. (Ver CD-rom)



C. Anexo: Formato de validación

Este formato fue diseñado por el equipo de investigación en el marco del proyecto de investigación Agua Cachaca: Caja de Herramientas Educativas

Caja de Herramientas Educativas: Agua Cachaca
Formato de validación del material educativo

Con el fin de validar el material educativo producido en el marco del proyecto de Investigación titulado "Diseño de una caja de herramientas educativas para la enseñanza de la dinámica de los sistemas acuáticos, que contribuya a la apropiación del recurso hídrico como derecho y deber de los bogotanos", el presente formato tiene como finalidad, recoger sus apreciaciones acerca de dicho material educativo, por lo que esperamos que una vez revisados cada uno de los talleres enviados, pueda expresar su concepto a través de los criterios agrupados en 3 categorías: Diseño, Contenido y Finalidad.

En este caso, el material educativo que le fue enviado, hace parte del trabajo de grado titulado "Diseño de un material educativo para la enseñanza de los flujos de materia, energía e información en los sistemas acuáticos a partir del cultivo de microalgas" realizado por Jimmy Alexander Muñoz Medina, el cual tiene como objetivo "Diseñar un material educativo dirigido a maestros de biología de Bogotá, a partir del cultivo de microalgas para la enseñanza del flujo de materia, energía e información de los sistemas acuáticos". Dicho material está constituido por 6 talleres dirigidos a los docentes de Bogotá para que los puedan adecuar y apropiar de acuerdo con sus prácticas, modelos y metodologías particulares que conlleven a su implementación.

De antemano agradecemos su colaboración y todas aquellas observaciones que nos permitan mejorar el material educativo y articularlo con la Caja de Herramientas Educativas: Agua Cachaca.

Docente validador(a):
Institución educativa:

Diseño:

Criterio	Si	No	Observaciones
El tipo de letra, y estética que se maneja en el taller es pertinente.			
La organización del contenido en el taller resulta adecuada para el desarrollo de este.			
El material gráfico (fotografías, videos, colores, ilustraciones y decoración) le resulta acorde para el tema que se está tratando.			

1

La narrativa visual es pertinente al contenido educativo.			
El taller se encuentra libre de errores ortográficos y gramaticales.			

Contenido:

Criterio	Si	No	Observaciones
Las temáticas del taller permiten la enseñanza de la dinámica de los sistemas acuáticos.			
La fundamentación teórica le permitió entender la temática planteada.			
El paso a paso descrito dentro del taller es apropiado para su implementación por el docente.			
La bibliografía proporcionada es de ayuda y complementa teóricamente el taller.			

Finalidad:

Criterio	Si	No	Observaciones
Los conceptos planteados a lo largo del taller contribuyen a un desarrollo entendible de la temática.			
El paso a paso descrito dentro del taller conlleva a cumplir los objetivos propuestos en el mismo.			
El taller propuesto posibilita la apropiación del recurso hídrico.			

2

Observaciones generales adicionales:

3

E. Anexo: Fotografías implementación Talleres colegio Bachillerato Patria



F. Anexo: Fotografías implementación Talleres IED Luis Eduardo Mora Osejo



Bibliografía

- Agudelo, R. (2005). El agua, recurso estratégico del siglo XXI. *Facultad Nacional de Salud Pública*, 23(1), 91-102. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-386X2005000100009
- Alvarado, L., & García, M. (2008). Características mas relevantes del paradigma socio-crítico: su aplicación en investigaciones de educación ambiental y de enseñanza de las ciencias realizadas en el Doctorado de Educación del Instituto Pedagógico de Caracas. *Sapiens. Revista Universitaria de Investigación*, 187-202.
- Andersen, R. (2005). *Algal culturing techniques*. USA: Elsevier Academic Press.
- Arcos-Pulido, M. d., & Gómez, A. C. (2006). Microalgas perifíticas como indicadoras del estado de las aguas de un humedal urbano: Jaboque, Bogotá D.C., Colombia. *NOVA - Publicación Científica ISSN:1794-2470 Vol.4 No. 6*, 60-79. Obtenido de División de Investigaciones, Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca: http://unicolmayor.edu.co/invest_nova/NOVA/NOVA6_ARTORIG6.pdf
- Armenteras, D., González, T., Vergara, L., Luque, F., Rodríguez, N., & Bonilla, M. (2016). Revisión del concepto de ecosistema como “unidad de la naturaleza” 80 años después de su formulación. *Ecosistemas. Revista científica de Ecología y Medio Ambiente. Asociación Española de Ecología Terrestre*, 83-89. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/540/54045357011.pdf>
- Arraiza, N., Viguria, P., Navarro, J., & Ainciburu, A. (s.f.). *Manual de microscopía. Historia, descripción y uso del microscopio óptico*. Auxilab, S.L. Material para laboratorio.
- Arrieta, C. A., Alían, J. C., & Ruiz, S. S. (2017). El aprender haciendo como estrategia de aprendizaje en las ciencias naturales en los Estudiantes del grado sexto Tres de la I.E. San José. Sincelejo: Corporación Universitaria del Caribe - CECAR.
- Atuesta, M., Ceballos, A., & Gómez, R. (2015). Co-creación como metodología para la apropiación social de la ciencia y la tecnología (ASCYT) del recurso agua. Caso Urabá-Antioqueño-Colombia. *AGO.USB Medellín-Colombia V. 16 No 1*, 277-286. doi:dx.doi.org/10.21500/16578031.2176
- Ayala, S. (2015). *Clasificación taxonómica de microalgas presentes en un consorcio microbiológico que biorremedia el efluente de una planta de sacrificio de bovinos y porcinos*. Bogotá, D.C.: Universidad de los Andes. Recuperado el 2018, de https://www.researchgate.net/publication/291330974_Clasificacion_taxonomica_de_m
- Badillo, M., Galindo, M. d., Gallardo, A., Lizama, G., Palomino, G., Arena, M., & Chiappa, X. (2010). Fitoplancton y Productividad Primaria. En *Manual de prácticas de Ecología Acuática* (págs. 13-26). México: Universidad Nacional Autónoma de México.

- Barillas, B., & Bonilla, L. (2014). El oro azul: entre la apropiación social y su mercantilización. *Espiga*, 67-79.
- Bastidas, O. (2009). *Conteo Celular con Hematocitómetro*. Cámara de Neubauer. España: Celeromics.
- Begon, M., Harper, J., & Townsend, C. (1995). Flujo de energía y materia en las comunidades. En *Ecología. Individuos, poblaciones y comunidades* (págs. 639-680). Barcelona: Omega S.A.
- Berdugo, M., Betancourt, A., Maldonado, A., & Garzón, J. (2003). Evaluación y dinámica de uso del recurso hídrico en el corregimiento de Barú (Cartagena, Bolívar, Colombia). *Universidad Nacional de Colombia. Acta Biológica Colombiana, Vol. 9 No 1.*, 23-36.
- Bermeo, L. (2011). *Estudio del cosechado de cultivos de microalgas en agua residual mediante técnicas de centrifugado*. Cádiz, España: Universidad Técnica Particular de Loja.
- Braida, V., Campot, M., Nervi, E., & Tartaglia, C. (2015). *Aplicaciones del cultivo de microalgas en arquitectura sustentable (Tesis de pregrado)*. Universidad ORT Uruguay. Obtenido de Universidad ORT Uruguay.: <https://bibliotecas.ort.edu.uy/bibid/81405/file/1924>
- Brignardello, M. (2012). *“Distribución desigual y apropiación de recursos naturales. Escasez*. Argentina: CONICET .
- Cabrera, S., & Montecino, V. (1987). Productividad primaria en ecosistemas límnicos. *Archivos de biología y medicina experimentales*, 105-116.
- Caicedo, V. (2014). *Evaluación del efecto antagónico de Trichoderma harzianum frente a microhongos y bacterias fitopatógenas del cepario del laboratorio de biotecnología de la UPN*. Bogotá D.C.: Universidad Pedagógica Nacional.
- Camargo Contreras, A. L., & Toba Vargas, J. J. (2010). *Criterios educativos de una clave interactiva de algas, para ser incorporada en el aula a través de una estrategia educativa para fortalecer habilidades científicas en estudiantes de licenciatura en biología de la Universidad Pedagógica Nacional*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Cambiasso, e. a. (2015). *Ciencias naturales 1. Recursos para el docente*. Buenos Aires: Santillana.
- Canziani, G., Sanzano, P., Grosman, F., Ferrati, R., Ruiz, D., & Agueria, D. (2005). *Metodología Integrada para el Diagnóstico y Gestión de Ecosistemas Acuáticos Lénticos*. Obtenido de PRESENTACION DE PROYECTO DE INVESTIGACION PARA SU AVAL POR LA SECYT-UNCPBA: http://www.exa.unicen.edu.ar/ecosistemas/ecosistemas/Lagunas/MET_INT_DIAGNOSTICO_Y_GESTION.pdf
- Caríssimo, M. (2013). *Cap 1. El mar, los ríos, los estuarios, los glaciares... ¿un ecosistema o varios?* Obtenido de Escritura en ciencias: Ecosistemas Acuáticos. Docentes aprendiendo en Red.: <http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL005258.pdf>

- Carlos de Miguel y Marcia Tavares. (2015). *El desafío de la sostenibilidad ambiental en América Latina y el Caribe*. Obtenido de Repositorio CEPAL:
https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37791/LCM23_es.pdf
- Cervantes, M. (s.f.). *Conceptos fundamentales sobre ecosistemas acuáticos y su estado en México*. Obtenido de Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Publicaciones:
<http://www.publicaciones.inecc.gob.mx/libros/533/conceptos.pdf>
- Criales, M. I., García, C., & Wolff, M. (2006). Flujos de biomasa y estructura de un ecosistema de surgencia tropical en La Guajira, Caribe colombiano. *Revista de Biología Tropical*.
- Crisci, C., Goyenola, G., Terra, R., Lagomarsino, J. J., Pacheco, J. P., Díaz, I., . . . Mazzeo, N. (2017). Dinámica ecosistémica y calidad de agua: estrategias de monitoreo para la gestión de servicios asociados a Laguna del Sauce (Maldonado, Uruguay). *Revista del laboratorio tecnológico del Uruguay*, 46-57. doi:dx.doi.org/10.26461/13.05
- Delgadillo, I. P. (2014). *Respuestas biológicas de Scenedesmus ovalternus y Chlorella vulgaris inmovilizadas en alginato de calcio, ante diferentes concentraciones de nutrientes en condiciones de laboratorio*. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia.
- Delgadillo, I., & Góngora, F. (2008). *Reestructuración de la ficoteca de la Universidad Pedagógica Nacional como estrategia didáctica que contribuya en la enseñanza y aprendizaje de conceptos biológicos dentro del Departamento de Biología*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Delgadillo, I., & Góngora, F. (2009). Colecciones Biológicas: Estrategias didácticas en la enseñanza-aprendizaje de la Biología. *Bio-grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza Vol2 No3 ISSN 2027-1034*, 148-157.
- Departamento de Ecología e Hidrología. (2011). *Los ecosistemas de las aguas epicontinentales en la región de Murcia. Ramblas, ríos y humedales*. Obtenido de LA ECOLOGÍA ANTE EL SIGLO XXI. Universidad de Murcia: http://www.um.es/aulademayores/docs-cmsweb/apuntes_aula_senior_ecosistemas_de_aguas_continental.pdf
- Duró, A., Pérez, F., Olivas, F., Abelló, P., Lombarte, A., & Villanueva, R. (2014). Biológicas de Referencia (ICM-CSIC): desde la investigación hasta la difusión de la biodiversidad marina. *Institut de Ciències del Mar, CSIC. Passeig Marítim de la Barceloneta 37-49. E-08003 Barcelona (Spain)*, 73-78.
- Echaniz, S., & Vignatti, A. (2009). Determinación del estado trófico y de la capacidad de carga del Embalse Casa de Piedra. *BioScriba*, 2(1), 41-51.
- El Espectador. (13 de Septiembre de 2017). *Así está la biodiversidad en Colombia*. Obtenido de El Espectador: <https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/asi-esta-la-biodiversidad-en-colombia-articulo-712964>
- Escuredo, R. (2014). *Evaluación de la biomasa producida por la microalga Haematococcus sp. y la inducción a la carotenogénesis bajo diferentes condiciones de cultivo (Tesis de maestría)*.

Ensenada, Baja California, México: Programa de Posgrado en Ciencias, Centro de investigación científica y de educación superior de Ensenada, Baja California. Obtenido de <https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/126/1/235331.pdf>

- Figueroa, G., & Lara-Isassi, G. (1998). Crecimiento Poblacional de Tres Microalgas en Diferentes Medios de Cultivo. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*, 1-6.
- Flos, J. (2005). El concepto de información en la ecología margalefiana. *Ecosistemas. Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente*, 7-17.
- Forero, E. (2012). *Colecciones científicas de la Universidad Nacional de Colombia. Sistema de información sobre Biodiversidad UN-SiB*. Bogotá: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- Forero-Cujiño, M., Montenegro-Ruiz, L., Pinilla-Agudelo, G., & Melgarejo-Muñoz, L. (2016). INMOVILIZACIÓN DE LAS MICROALGAS *Scenedesmus ovalternus* (Scenedesmaceae) Y *Chlorella vulgaris* (Chlorellaceae) EN ESFERAS DE ALGINATO DE CALCIO. *Acta Biológica Colombiana. Universidad Nacional de Colombia*, 437-442.
- García, R. D. (2013). *Las colecciones biológicas como estrategia didáctica generadora de aprendizajes significativos en ciencias naturales y educación ambiental (Tesis de maestría)*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín: <http://bdigital.unal.edu.co/12611/1/98503228.2014.pdf>
- Garduño, R. (2009). Contenido educativo en el aprendizaje virtual. *Investigación bibliotecológica*, 23(47), 15-44.
- Giraldo, A. (2013). *Evaluación de cepas de microalgas para captura de CO2*. Medellín: Universidad EAFIT.
- Gocke, K., & Hernández, C. (1994). Determinación comparativa de la producción primaria con las técnicas de ¹⁴C Y O₂ en aguas salobres con diferentes grados de eutroficación. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR*.
- Gómez, L. (2007). MICROALGAS: ASPECTOS ECOLÓGICOS Y BIOTECNOLÓGICOS. *Revista Cubana de Química*, XIX(2), 3-20.
- Gonzales, G. G., & Pérez, V. (2011). *Influencia del material educativo ambiental en el aprendizaje significativo de los estudiantes de la I.E Sagrado Corazón de Jesús (Tesis de pregrado)*. Obtenido de Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto. Facultad de Ecología. Moyobamba, Perú: <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/UNSM/169/6051309.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- González, L. (2009). *Diseño y validación de una guía ilustrada del museo de biología como instrumento didáctico para la enseñanza de la taxonomía y sistemática en el colegio mayor de san Bartolomé*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

- González-Delgado, A. D., Barajas-Solano, A. F., & Ardila-Álvarez, A. M. (2017). Producción de biomasa y proteínas de *Chlorella vulgaris* Beyerinck (Chlorellales: Chlorellaceae) a través del diseño de medios de cultivo selectivos. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 3(18), 451-461.
- Gordillo, Orjuela, & Salas. (2015). *Uso responsable del recurso hídrico*. Bogotá: FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES.
- Hanson, P., Springer, M., & Ramirez, A. (2010). Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) Vol. 58 (Suppl. 4)*, 3-37. Obtenido de <http://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v58s4/a01v58s4.pdf>
- Hernández, F. (1992). Evolución del concepto de museo. *General de Información y Documentación*, 85-97.
- Hernández-Sampieri, R. (2014). Los metodos mixtos. En R. Hernández-Sampieri, C. Fernández, & P. Baptista, *Metodología de la Investigación* (6a ed., págs. 531-589). México: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
- Hincapié, I. C. (2016). *Intervención didáctica basada en las TIC, como estrategia para la enseñanza del flujo de energía en los ecosistemas de Desierto. Estudio de caso en el colegio Calasanz Medellín (Tesis de maestría)*. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia. Maestría en enseñanza de las ciencias exactas y naturales: bdigital.unal.edu.co/54024/1/43266628.2016.pdf.pdf
- IDEAM. (2015). *Estudio Nacional del Agua 2014*. Obtenido de Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM: http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023080/ENA_2014.pdf
- IDEAM. (8 de Julio de 2015). *Nueva herramienta revela estado de los ecosistemas en Colombia*. Obtenido de Boletín de Prensa IDEAM: <http://www.humboldt.org.co/images/documentos/pdf/noticias/n-ecosistemas-en-colombia.pdf>
- Lara-Lara, J. R., Arenas, V., Bazán, C., Díaz, V., Escobar, E., García, M. d., . . . Valdez-Holguín, E. (2008). Cap. 5: Los ecosistemas marinos. En *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. (págs. 135-159). México: CONABIO. Obtenido de Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad: http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20I/I05_Losecosistemasmar.pdf
- Leal, R. (2013). Ordenar el territorio en torno al recurso hídrico, prioridad para todos. *Anales de Ingeniería*.
- Lopez, M., & Madroñero, S. (2015). Estado trófico de un lago tropical de alta montaña: caso Laguna de la Cocha. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 25(2), 21-43.

- López, S., & Barrientos, R. (2003). *Colección de microalgas dilceacuícolas y marinas de la Península de Yucatán*. Yucatán: Universidad Autónoma de Yucatán.
- López-Cortés, D., Gárate-Lizárraga, I., Bustillos-Guzmán, J., Alonso-Rodríguez, R., & Murillo-Murillo, I. (2003). Variabilidad del estado trófico y la biomasa del fitoplancton de Bahía Concepción, Golfo de California (1997-1999). *Hidrobiológica*, 3(13), 195-206.
- Maass, M. (s.f.). *Principios generales sobre manejo de ecosistemas*. Obtenido de Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático INECC y Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/395/maass.html>
- Malacalza, L. (2013). Capítulo 3: La Ecología y los Ecosistemas. En *Ecología y Ambiente*. No2 (págs. 28-35). La Plata. Argentina: Sociedad y Ambiente: Reflexiones para una nueva América Latina.
- Manrique-Losada, B., Echeverri-Arias, J., & Peláez-Rodríguez, M. (2011). Aportes desde la hidroinformática a la gestión de ecosistemas acuáticos amazónicos. *Ingeniería e Investigación*, Vol 31, No 1, 108-116.
- Martínez, M. (2004). Necesidad de un nuevo paradigma epistémico. En *Ciencia y Arte en la Metodología Cualitativa* (págs. 36-49). México: Trillas.
- Martínez, M. (2015). *UNIDAD II ECOSISTEMAS*. Obtenido de CIENCIAS NATURALES - UNIDAD II. Universidad Nacional de San Luis: http://server-enjpp.unsl.edu.ar/escuela/images/Unidad_2_ecosistemas.pdf
- Mastrangelo, A. (2009). Análisis del concepto de recursos naturales en dos estudios de caso en Argentina. *Ambiente y Sociedad*, XII(2), 341-355.
- Medellín, F., Vargas, C., & Ojeda, P. (2016). *Encuentro de experiencias, relatos sobre la enseñanza de la biología a través de los trabajos prácticos*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Medina, C. (s.f.). *Las Colecciones Biológicas, ifundamentales para la conservación de la Biodiversidad!* Obtenido de Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt: <http://www.humboldt.org.co/es/actualidad/item/999-colecciones-conservacion-biodiversidad>
- Miembros del seminario: Los materiales educativos en la sociedad de la información. (2006). *Los Materiales Educativos en México. Aproximación a su génesis y desarrollo*. Obtenido de http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/80/cd_1_2_3/cd2/paises/mexico/los_materiales_educativos_en_mexico.pdf
- Monedero, J. J. (2007). El diseño de los materiales educativos ante un nuevo reto en la enseñanza universitaria: el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 21(1), 51-68.

- Montecino, V., & Pizarro, G. (2006). Productividad primaria, biomasa y tamaño del fitoplancton en canales y fiordos australes: patrones primavera-verano. *Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas, Puerto Montt a cabo de Hornos.*, 93-97.
- Morales, E., Luna, V., Navarro, L., Santana, V., Gordillo, A., & Arévalo, A. (2013). Diversidad de microalgas y cianobacterias en muestras provenientes de diferentes provincias del Ecuador, destinadas a una colección de cultivos. *Medicina y Ciencias Biológicas*, 129-149.
- Morales, G. (2016). La apropiación de la naturaleza como recurso. Una mirada reflexiva. *Gestión y Ambiente*, 19(1), 141-154. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/viewFile/51968/56391>
- Morales, J., Arenas, C., & Villamarín, E. (2010). *estrategia didáctica para el uso adecuado del recurso hídrico: una alternativa para educar ciudadanos ambientalmente responsables, en una comunidad del barrio Mirador de la Estancia segundo sector localidad diecinueve de ciudad bolívar, Bogotá D.C. Col.* Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Morales, P. A. (2012). *Elaboración de material didáctico*. México: Red Tercer Milenio S.C. Obtenido de http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/derecho_y_ciencias_sociales/Elaboracion_material_didactico.pdf
- Morales, P. A. (2012). *Elaboración de material didáctico*. Red Tercer Milenio.
- Moreno, F. R. (2012). *Diseño de un manual guía del docente para el estudio limnológico de ecosistemas acuáticos para el fortalecimiento de conceptos científicos en estudiantes de educación media (Tesis de maestría)*. Bogotá, Colombia. Obtenido de Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia: <http://bdigital.unal.edu.co/39607/1/186796.2013.pdf>
- Moreno, L. (2018). *Fotografías implementación de taller Proyecto Agua Cachaca*. Bogotá D.C.
- Muñoz, J. (2017). *Enseñanza de la ecología en la escuela para el reconocimiento de ecosistemas acuáticos del municipio de Facatativá*. Bogotá D.C.: Universidad Pedagógica Nacional.
- Muñoz, J. (2018). *Experimentando con microalgas: evidencias de flujos en los sistemas acuáticos. Talleres educativos para docentes*. Bogotá, D.C.: Universidad Pedagógica Nacional.
- Muñoz, J. (2018). *Fotografías implementación de taller en validación de trabajo de grado*. Bogotá D.C.
- Naeem, S., Chapin, C., Costanza, R., Ehrlich, P., Golley, F., Hooper, D., . . . Tilman, D. (1999). La Biodiversidad y el Funcionamiento de los Ecosistemas: Manteniendo los procesos que sustentan la vida. *Tópicos en Ecología. Vol4. Sociedad norteamericana de Ecología*, 1-12.
- Nieto, M., Cardona, L., & Agudelo, C. (2015). Servicios Ecosistémicos. Provisión y regulación hídrica en los páramos. En P. Ungar (Ed.), *Colección hojas de ruta: Guías para el estudio socioecológico de la alta montaña en Colombia* (págs. 2-37). Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

- Odum, H. T., Odum, E. C., Brown, M. T., LaHart, D., Bersok, C., & Sendzimir, J. (1988). Cap.2. Los flujos de energía y materiales a través de ecosistemas. En *Sistemas Ambientales y Políticas Públicas* (págs. 18-30). USA: Programa de Economía Ecológica, Phels Lab, Universidad de Florida, Gainesville.
- Ojeda Gonzalez, G. (2015). *Mitos del agua: un camino para la enseñanza-aprendizaje del cuidado y conservación de los ecosistemas acuáticos de Bogotá*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Osorio, N. (1989). La validación de materiales educativos. Una alternativa para mejorar la comunicación educativa. *Signo y pensamiento*, 21-30.
- Ospina, D. P. (s.f.). *Los Materiales Educativos*. Obtenido de Aprenda en línea. Universidad de Antioquia: <http://aprendeonline.udea.edu.co/banco/html/materialeseducativos/>
- Ossa, P., Giraldo, J., López, A., Dias, L., & Rivera, F. (2012). Colecciones biológicas: Una alternativa para los estudios de diversidad genética. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 143-155.
- Parra Rivera, P. M. (2016). *Construcción de un recurso educativo natural para la enseñanza de microalgas dirigido a estudiantes de grado cuarto del Instituto Pedagógico Nacional*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Paruelo, J. (2008). La caracterización funcional de ecosistemas mediante sensores remotos. *Ecosistemas. Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*, 4-22.
- Perdomo, M. (2010). *Diseño participativo de un modelo de seguimiento, monitoreo y control social a los humedales urbanos de Bogotá, D.C. Estudio de caso humedal Tibanica*. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia.
- Pereira, Z. (2011). Los diseños de método mixto en la investigación en educación: Una experiencia concreta. *Revista Electrónica Educare*, XV(1), 15-29.
- Primack, R. B. (2010). La economía ecológica y los valores de uso directo de la biodiversidad. En *Fundamentos de la Biología de la Conservación*. (R. Torres, Trad., Fifth Edition ed.). Massachusetts: Sinauer Associates, Inc.
- Primack, R. B. (2010). Los Valores de uso indirecto de la biodiversidad. En *Fundamentos de Biología de la Conservación* (R. Torres, Trad., Fifth Edition ed.). Massachusetts: Sinauer Associates, Inc.
- Ranchal, M. (2015). *Diseño de un material didáctico para la educación ambiental*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Riaño, Y. (2009). *Diseño de una guía metodológica sobre productividad primaria para estudiantes de básica secundaria del colegio gimnasio campestre*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

- Ricoy, C. (2006). Contribución sobre los paradigmas de investigación. *Educação. Revista do Centro de Educação*, 31(1), 11-22. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/1171/117117257002.pdf>
- Rincón, A., Echeverry, M., Piñeros, A., Tapia, C., David, A., Arias, P., & Zuluaga, P. (2014). *Valoración integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos: Aspectos conceptuales y metodológicos*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Rivera, K. (2018). *Prácticas experimentales en el laboratorio con Microalgas: enseñar conceptos biológicos a maestros de biología en formación a partir de la ficoteca*. Bogotá, D.C.: Universidad Pedagógica Nacional.
- Rodríguez, M. (2015). *Paradigma Hermenéutico*. Obtenido de Escuela de ciencias de la Educación: <https://www.youtube.com/watch?v=eYgTNL54Y24>
- Rodríguez, P. (2008). *Estructura y producción primaria del fitoplancton y perifiton en un humedal del bajo Paraná*. Buenos Aires, Argentina: Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.
- Rojas-Triviño, A. (2011). *Conceptos y práctica de microbiología general*. Palmira: Universidad Nacional del Colombia. Sede Palmira.
- Roldán, G. (1988). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia*. Bogotá: Presencia Ltda.
- Roldán, G. (2009). Desarrollo de la limnología en Colombia: cuatro décadas de avances progresivos. *Actual Biol* 31 (91), 227-237.
- Roldán, G., & Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical. 2da edición*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Ruiz, A. (2011). *Puesta en marcha de un cultivo de microalgas para la eliminación de nutrientes de un agua residual urbana previamente tratada anaeróbicamente*. Valencia, España: Master Universitario en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente.
- Ruiz, R. (2007). *El método científico y sus etapas*. Obtenido de <http://www.index-f.com/lascasas/documentos/lc0256.pdf>
- Rumiz, D., Caneodo, P., Alarcón, M., Anivarro, R., & Vides-Almonacid, R. (2016). Valoración de los servicios ecosistémicos de las reservas forestales. En *Problemática de las reservas forestales en el Departamento de Santa Cruz* (págs. 77-113). FCBC-Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/303856703_Valoracion_de_los_servicios_ecosistemas_de_las_reservas_forestales

- Salasar, A., Shamah, T., Escalante, E., & Jiménez, A. (2012). Validación de material educativo: estrategia sobre alimentación y actividad física en escuelas mexicanas. *Revista Española de Comunicación en Salud*, 3(2), 96-109.
- Sánchez, Ó. (s.f.). *Ecosistemas acuáticos: diversidad, procesos, problemática y conservación*. Obtenido de Publicaciones: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático: <http://www.publicaciones.inecc.gob.mx/libros/533/ecosistemas.pdf>
- Santaella-Álvarez, E. (2013). *Producción y desarrollo de cultivo de algas para la captación de anhídrido carbónico y la producción de biocombustibles*. Madrid, España: Instituto Español de Oceanografía.
- Santos, M., Segura, M., & Núñez, C. (2010). Análisis de Crecimiento y Relación Fuente-Demanda de Cuatro Variedades de Papa (*Solanum tuberosum* L.) en el Municipio de Zipaquirá (Cundinamarca, Colombia). *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín*, 63(1), 5253-5266.
- Serna-Botero, V., & Ramírez-Castaño, V. (2017). Curaduría y potencial de investigación de la colección herpetológica del museo de historia natural de la universidad de Caldas, Manizales, Colombia. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 138-153.
- Simmons, J., & Muñoz-Saba, Y. (2005). Cuidado, Manejo y Conservación de las Colecciones Biológicas. En *Conservación Internacional. Serie Manuales de Campo*. Bogotá, D.C.: Universidad Nacional de Colombia.
- Smith, T., & Smith, R. (2007). *Ecología*. 6ta Edición. Madrid, España: PEARSON EDUCACIÓN, S.A.
- Sosa, P., Escandeli, A., Batista, F., Yoldi, A., Fanlo, M., & Medina, L. (2006). *Flujos de materia y energía en los ecosistemas marinos*. Obtenido de El litoral de Las Palmas de Gran Canaria. Departamento de Biología de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria: <http://www.limoniumcanarias.com/uploads/aulamar/13p.pdf>
- Stein, J. (1979). *Handbook of Phycological methods. Culture methods and growth measurements*. . Canada: Cambridge University Press.
- Terradas, J. (2015). El pensamiento evolutivo de Ramón Margalef. *Ecosistemas. Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente*, 104-109.
- Torres, E. (2012). El concepto de apropiación de Max Weber. *Estudios sociológicos XXX. CONICET*, 519-548.
- Trujillo-Trujillo, E., Vargas-Triviño, P., & Salazar-Fajardo, L. (2014). Clasificación, manejo y conservación de colecciones biológicas: una mirada a su importancia para la biodiversidad. *Momentos de Ciencia. Universidad de la Amazonia*, 97-106.
- Vacca, V., Angulo, E., Puentes, D., Torres, J., & Plaza, M. (2017). Uso de la microalga *Chlorella* sp. viva en suspensión en la decoloración del agua residual de una empresa textil. *Prospect*. Vol. 15, No. 1, 93-99. doi:doi.org/10.15665/rp.v15i1.829

- Vargas, E., & Zúñiga, L. (2010). Tiempo y sucesión ecológica en Ramón Margalef. *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura*, 163-171. doi:doi: 10.3989/arbor.2010.741n1016
- Vásquez, N., & Chávez, H. (2009). *Protocolo: cultivos de microalgas*. Casma: Fondo nacional de desarrollo Pesquero.
- Velásquez, S., & Ulate, A. (2014). Diseño, construcción y puesta en marcha de un fotobioreactor tubular para producir la microalga *Chlorella* sp. *Cinecia y Tecnología*, 10(1), 28-49.
- Vélez-Azañero, A., Lozano, S., & Cáceres-Torres, K. (2016). Diversidad de fitoplancton como indicador de calidad de agua en la cuenca baja del río Lurín, Lima, Perú. *Ecología Aplicada*, 15, 69-79.
- Vidal, T., & Pol, E. (2005). La apropiación del espacio: una propuesta teórica para comprender la vinculación entre las personas y los lugares. *Anuario de Psicología*, 36, 281-297.
- Villareal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., . . . Umaña, A. M. (2004). *Manual de Métodos para el desarrollo de inventarios de Biodiversidad*. Bogotá, Colombia: Programa de inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Watanabe, M. (2005). Chapter 2. Freshwater Culture Media. En R. A. Andersen, *Algal Culturing Techniques* (págs. 13-20). USA: Elsevier Academic Press.
- Zavala, A. (2010). La sistematización desde una mirada interpretativa: Propuesta metodológica. *Trabajo Social UNAM*, VI(1), 90-101.