



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA



Carrera de Biología

Ciclo Intermedio

Laboratorio de Investigación Formativa VI

Aprobado por el CAC el 10 de agosto de 2022
Vigencia 10 de agosto de 2025



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	2 / 106

Autores

Dr. Blancas Arroyo Guillermo Artemio
Biól. Galindo Galindo Cristóbal
M. en C. González Flores Eunice
Dr. Gutiérrez Granados Gabriel
Dr. Hernández Pérez Ezequiel
M. en C. López Barrera Faustino
M. en C. López Domínguez Juan Carlos
M. en C. López López Alma Bella
M. en C. Martínez Rosales María Beatriz
Dr. Méndez Méndez Alberto
M. en B. Ortiz Burgos Gabriela Selene
M. en C. Ramírez Priego Nicté
M. en C. Valderrábano Gómez Juan Manuel



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	3 / 106

ÍNDICE	
Contenido	Página
INTRODUCCIÓN	4
OBJETIVO	5
Unidad 1. Sistemas de información geográfica	7
Práctica 1.1. Elementos básicos de cartografía para la delimitación de una cuenca hidrográfica, su clasificación y diferenciación en regiones hidrográficas	8
Práctica 1.2. Análisis espacial de los componentes de la cuenca y su relación con la distribución de vertebrados y/o especies vegetales	12
Unidad 2. Cuencas hidrográficas	16
Práctica 2.1. Caracterización física, química y biológica <i>in situ</i> de un cuerpo de agua	17
Práctica 2.2. Balance Hidrológico como estimador de la calidad del Servicio Ambiental Hidrológico (SAH)	34
Unidad 3. Ecología de Poblaciones y Comunidades	39
Práctica 3.1. Caracterización de comunidades vegetales y su grado de conservación	40
Práctica 3.2. Ecología y conservación de vertebrados mamíferos terrestres como modelo de estudio	48
Unidad 4. Calidad del ambiente	54
Práctica 4.1. Índices de calidad del suelo. Métodos de muestreo e indicadores de calidad (suelo y agua)	55
Práctica 4.2. Índices de calidad del agua, métodos de muestreo e indicadores de calidad	75
Unidad 5. Desarrollo de proyecto de investigación	88
LINEAMIENTOS GENERALES	89
ORGANIZACIÓN Y DESARROLLO	89
PROYECTO GENERAL DE INVESTIGACIÓN	90
Práctica 6. Análisis integral de los componentes de una cuenca y su diagnóstico ambiental y ecológico	95
CRITERIOS DE EVALUACIÓN	98
REGLAMENTO DE LABORATORIO	99
MANEJO DE RESIDUOS	103
CONTROL DE CAMBIOS	105



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	4 / 106

INTRODUCCIÓN

En gran parte del planeta existe pérdida y degradación de los ecosistemas, una de las causas principales es la actividad humana, lo que a mediano y largo plazo constituye una amenaza a la integridad de los recursos naturales y de los servicios ecosistémicos (Vitousek *et al.*, 1997; Bennett *et al.*, 2015). Para estudiar esta problemática se emplea el enfoque del Manejo Integrado de Cuencas (MIC), estrategia ampliamente reconocida a nivel internacional en el manejo de los recursos naturales, ya que utiliza los límites naturales de estas unidades territoriales para mantener la calidad del agua como objetivo central y adecuar las actividades humanas a la necesidad de conservar los ecosistemas (Monte-Luna *et al.*, 2004; Maass *et al.*, 2005).

Dada la naturaleza del MIC, es necesario aplicar un análisis multiescalar desde individuo hasta ecosistemas, donde cada proceso analizado es integrado para conseguir una estrategia común (Carabias *et al.*, 2010; Beilin *et al.*, 2013) y definir los impactos a nivel de cuenca que causan cada una de las actividades humanas, como, por ejemplo, los sedimentos en cuerpos de agua, coliformes en ríos, deforestación, tipo y nivel de degradación de suelos, cambio de uso del suelo, entre otros. Así, se identifican los actores con los cuales es necesario trabajar para abordar los objetivos del MIC, además de conocer los incentivos y programas que rigen estas actividades (Maass, 2004; Cotler y Priego, 2007).

La ubicación estratégica del Laboratorio de Investigación Formativa VI (LIF VI), se sustenta en la creciente complejidad para la adquisición de conocimientos en los niveles de organización y escala biológica abordados en los LIFs antecesores; de tal manera que el objetivo de sexto semestre, es que el alumno sea capaz de realizar estudios integrales en biorregiones que involucren a los recursos naturales suelo-agua-biota en sistemas naturales o impactados por actividades humanas (FES Zaragoza, 2006).

Este manual de prácticas es una guía para que el alumno acompañado del docente construya su conocimiento y adquiera la capacidad de ser autónomo. En el LIF VI, concluye la parte de formación general del Biólogo, ya que los laboratorios subsecuentes corresponden a una orientación terminal de un área de conocimiento específica, por lo que es importante que se apropie de las herramientas que le permitan entender y manejar los principios que fundamentan el conocimiento científico y tecnológico, para aplicarlo en los estudios del Manejo Integral de Cuencas, acorde con la situación actual en México.

El presente manual de prácticas está organizado en dos partes, la primera constituida por las cuatro Unidades de prácticas básicas, y la segunda a la Unidad 5, corresponde al desarrollo de un proyecto de docencia-investigación. Las prácticas básicas tienen la finalidad de fortalecer en el alumno la capacidad para caracterizar, diagnosticar y manejar recursos naturales, bajo el enfoque de cuencas a partir del conocimiento integrado de sus componentes.

Estas prácticas comprenden los elementos del clima, el relieve, la geología, los tipos de suelo y la vegetación. Además, se estudia la calidad del agua y del suelo, incorporando los componentes bióticos del ecosistema con énfasis en vertebrados. A través de la caracterización cualitativa y cuantitativa de los elementos anteriores, podrá relacionarlos en forma coherente y sistemática, lo que permite que la localización geográfica de esta información se estructure en Sistemas de Información Geográfica (SIG) para su análisis espacial, su comprensión integral y la toma de decisiones.



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	5 / 106

En el LIF VI, se busca que el alumno fortalezca la capacidad de cooperación, organización y comunicación de información entre grupos de trabajo, para el desarrollo adecuado del proyecto de docencia-investigación. En este proyecto el alumno identifica problemas, genera estrategias y propone soluciones a nivel de cuenca hidrológica.

OBJETIVO

Realizar estudios integrales en bioregiones que involucren a los recursos naturales suelo-agua-biota, con especial énfasis en los vertebrados, a través de los ciclos biogeoquímicos en sistemas naturales o impactados por actividades humanas.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

Beilin, R., Reichelt, N., King, B., Long, A. y Cam, S. (2013). Transition landscapes and Social networks: examining on-ground community resilience and its implications for policy settings in multiscale systems. *Ecology and Society* 18(2).

Bennett, E. M., Cramer, W., Begossi, A., Cundill, G., Díaz, S., Egoh, B. N., Geijzendorffer, I. R., Krug, C., Lavorel, S., Lazos, E., Lebel, L., Meyfroidt, P., Mooney, H. A., Nel, J., Pascual, U., Payet, K., Harguindeguy, N., Peterson, G., Prieur-Richard, H. E., Reyers, B., Roebeling, P., Seppelt, R., Solan, R., Tschakert, L., Tschardtke, L., Turner, B. L., Verburg, P. H., Viglizzo, E. F., White, P. y Woodward, G. (2015). Linking biodiversity, ecosystem services, and human well-being: three challenges for designing research for sustainability. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 14: 76-85.

Carabias, J., Sarukhán, J., De la Maza, J., y Galindo, C. (2010). Patrimonio natural de México. Cien casos de éxito. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

Cotler, H. y Priego, A. (2007). El análisis del paisaje como base para el manejo integrado de cuencas: el caso de la cuenca Lerma-Chapala. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, México.

Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. (2006). Plan de Estudios de la Carrera de Biología. México, D. F.

Maass, J. M. (2004). La investigación de procesos ecológicos y el manejo integrado de cuencas hidrográficas: un análisis del problema de escala. In: El manejo integral de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental. Helena Cotler (compiladora). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. Instituto Nacional de Ecología p 49-62.

Maass, J. M., Balvanera, P., Castillo, A., Daily, G. C., Mooney, H. A., Ehrlich, P., Quesada, M., Miranda, A., Jaramillo, V., García-Oliva, F., Martínez-Yrizar, A., Cotler, H., López-Blanco, J., Pérez-Jiménez, A., Búrquez, A., Tinoco, C., Ceballos, G., Barraza, L., Ayala, R., Sarukhán, J. y Martínez-Yrizar, A. (2005). Ecosystem services of tropical dry forests: insights from long term ecological and social research on the Pacific Coast of Mexico. *Ecology and society: a journal of integrative science for resilience and sustainability* 10(1): 1-23.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE
DOCENCIA
MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA VI



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	6 / 106

Monte, D., Brook, B. W., Zetina, M. J. y Cruz, V. H. (2004). The carrying capacity of ecosystems. *Global ecology and biogeography* 13(6): 485-495.

Vitousek, P. M., Mooney, H. A., Lubchenco, J. y Melillo, J. M. (1997). Human domination of Earth's ecosystems. *Science* 277(5325): 494-499.



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	7 / 106

Unidad 1. Sistemas de información geográfica



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	8 / 106

Práctica 1.1. Elementos básicos de cartografía para la delimitación de una cuenca hidrográfica, su clasificación y diferenciación en regiones hidrográficas

OBJETIVOS

Aprender los conceptos básicos de cartografía para interpretar la información contenida en ella y estructurar bases de datos y proyectos en Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Identificar en un mapa impreso y digital, las dimensiones de una cuenca, establecer su ubicación hidrológica y su nivel como cuenca, subcuenca o microcuenca.

Integrar en un SIG de uso libre la información cartográfica (vectorial y ráster) para la identificación de cuencas y análisis de sus corrientes.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Una cuenca es el territorio en donde las corrientes superficiales que se forman, confluyen hacia un río principal cuya desembocadura define su único punto de salida, si corresponde a un lago, la cuenca se denomina endorreica, si la corriente llega al mar, se le llama exorreica; se delimita por un parteaguas, esto es, por aquellos puntos de mayor nivel topográfico que forman la divisoria, debido a la conformación del relieve, entre el origen de las corrientes, las cuencas también se conocen como embudos fisiográficos (INEGI, 2012; SEMARNAT, 2013; CONAGUA, 2016).

Las cuencas hidrográficas son territorios definidos naturalmente que permiten visualizar conexiones espaciales en torno a la distribución del agua y a su papel como principal agente de remoción y transporte de materiales, aquí todos los procesos socioecológicos están íntimamente ligados entre sí, relieve, clima, geología, suelos, vegetación, fauna y población humana (SEMARNAT, 2013). Esta permanente interacción mutua natural entre los elementos del ecosistema existentes en estas unidades territoriales, además de mantener un vínculo con los seres humanos que usan los servicios que prestan (García y Cauffer, 2011), ha permitido que en los últimos años, se empleen como elemento de estudio para la protección del ambiente y el desarrollo social y económico sostenible. De tal manera que la gestión del territorio a través de las cuencas, ha motivado a algunos países a establecer sus límites de acuerdo a ellas (Cotler, 2010).

Estos elementos sustentan la importancia de incorporar el conocimiento de la gestión por cuencas a la formación de los Biólogos, entender su delimitación a partir del análisis de las corrientes de un territorio en su representación topográfica y definir el orden de las mismas para identificar las pequeñas localidades hidrográficas que secuencialmente incorporan microcuencas en subcuencas, cuencas y regiones hidrológicas (Girón y Gómez, 2004; Garay y Agüero, 2018).

Se complementa con el aprendizaje de la interpretación cartográfica y su aplicación al entendimiento de los sistemas de información geográfica, que han de permitir a los Biólogos sistematizar y automatizar el flujo de información para el diagnóstico, análisis y manejo de estas unidades naturales de gestión ambiental.



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	9 / 106

MATERIAL

Hojas de acetato

Cinta adhesiva

Marcadores indelebles para acetato, de punto fino color azul y punto medio color rojo

Regla

Mapas topográficos impresos

Mapas topográficos digitales, vectoriales y ráster

EQUIPO

Proyector de video

Computadoras con conexión a Internet y software QGIS instalado

SERVICIOS

Energía eléctrica

Conexión a Internet

PROCEDIMIENTO

El profesor dará indicaciones para que el alumno identifique en un mapa topográfico impreso la cuenca a trabajar, así como su corriente principal y la escala. En el área correspondiente, sobre el mapa topográfico, se fijará con cinta adhesiva una hoja de acetato para marcar con tinta indeleble azul el cauce del río principal de la cuenca con línea continua, así como toda la red de drenaje (corrientes), que conforman sus afluentes con líneas punteadas.

A continuación, se interpretarán las curvas de nivel del mapa topográfico para delimitar el parteaguas de la cuenca indicada con marcador indeleble de punto medio color rojo, posteriormente se establecerá el orden de las corrientes y se identificará el orden superior de la red de drenaje en la cuenca. A partir de la interpretación de la topografía y distribución espacial de las corrientes se delimitarán por lo menos tres microcuencas marcándolas con tinta indeleble de punto medio color rojo.

Se identificarán los rangos de pendientes para proponer los límites de las zonas alta, media y baja de la cuenca (cabecera o captación, almacenamiento o transición y descarga o emisión); así como el gradiente altitudinal existente y su exposición.

Con la regla se medirán las dimensiones de la cuenca en el mapa (largo y ancho), y se calcularán los datos reales en kilómetros, así como las medidas de las zonas de cabecera, almacenamiento y descarga, y sus pendientes promedio. Finalmente se estimará el área de la cuenca, de las zonas de captación, transición y emisión y de las tres microcuencas identificadas.



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	10 / 106

A continuación, en una computadora con acceso a internet, se identificará la Región hidrológica, cuenca y subcuenca del territorio trabajado. El profesor indicará el sistema y la dirección electrónica del sitio para esta actividad (Antares, CONAGUA, SINA, CONABIO, INEGI).

El alumno descargará la información vectorial correspondiente a la delimitación de la cuenca de estudio, la cual se deberá guardar en una carpeta de ruta conocida con un nombre que indique el contenido.

Con la información obtenida se generará un proyecto en el SIG con las capas descargadas correspondientes a la Región Hidrológica, Cuenca, Subcuenca y corrientes de la cuenca estudiada para comparar su delimitación con la obtenida en el mapa topográfico impreso.

RESULTADOS

En el informe de la práctica la descripción de la cuenca deberá iniciar por su ubicación geográfica e hidrológica, es decir, indicar los límites latitudinales y longitudinales (unidades sexagesimales) y los valores extremos X, Y (UTM), además de establecer la Cuenca, Subcuenca y Región hidrológica a las que pertenece e incluir las imágenes de la cuenca estudiada con su red de drenaje, de las zonas de cabecera, almacenamiento y descarga propuestas y de las microcuencas identificadas. También se deberán incluir los resultados de las dimensiones reales calculadas.

El informe de la práctica deberá contener los siguientes apartados: título, introducción, objetivos, material y métodos, resultados, discusión, conclusión y referencias citadas de acuerdo a APA.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

Comisión Nacional del Agua. (2016). Instrumentos de Gestión del Agua. Recuperado de <http://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/instrumentos-de-gestion-del-agua>.

Comisión Nacional para Uso y Conocimiento de la Biodiversidad. (2017). Portal de Geoinformación del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. Recuperado de www.conabio.gob.mx.

Cotler, H (coordinadora). (2010). Las Cuencas Hidrográficas de México. Diagnóstico y Priorización. México. SEMARNAT, INE, Fundación Gonzalo Río Arronte I. A. P.

Garay, D. y Agüero, J. (2018) Delimitación Hidrográfica y Caracterización Morfométrica de la Cuenca del Río Anzulón. La Rioja, España. INTA Ediciones.

García, G. A. y Cauffer M. E. (2011). Cuencas Compartidas entre México Guatemala y Belice. Un acercamiento a su delimitación y problemática en general. Frontera Norte 23 (45): 130-161.

Girón, J. y Gómez, C. (Coord. Edit). (2004). Manual de Manejo de Cuencas. Visión Mundial El Salvador, San Salvador.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2012). Guía para la interpretación de cartografía hidrológica: Serie II. México. INEGI.33 pp.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE
DOCENCIA
MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA VI



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	11 / 106

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2017). Datos relieve. Recuperado de ww.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continental/descarga.aspx.

SEMARNAT. (2013). Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión. México. SEMARNAT. Cuadernos de divulgación ambiental. 31 pp.



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	12 / 106

Práctica 1.2. Análisis espacial de los componentes de la cuenca y su relación con la distribución de vertebrados y/o especies vegetales

OBJETIVOS

Aplicar el análisis espacial en un proyecto QGIS para la interpretación integrada de información cartográfica y describir los componentes de una cuenca.

Analizar espacialmente las características y componentes de una cuenca, a partir de la interpretación integrada de información cartográfica vectorial y ráster de su ubicación geográfica, relieve (curvas de nivel), fisiografía (provincias y subprovincias fisiográficas y sistemas de topofomas), clima, geología (litología), edafología y uso de suelo y vegetación.

Establecer la relación entre la distribución espacial de los componentes y características de la cuenca con la de algún grupo de vertebrados o de especies vegetales de importancia significativa en la cuenca estudiada.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Una cuenca es un sistema integrado en donde los elementos del clima actúan sobre la roca presente, en el marco del relieve existente, en el proceso de formación y desarrollo del suelo y el establecimiento de la vegetación correspondiente (Zinck, 2012).

El conocimiento y descripción de los elementos constitutivos de una cuenca permiten analizar las relaciones geográficas, ecológicas y ambientales entre estos y con los organismos que existen e interactúan en su territorio (SEMARNAT, 2013).

El enfoque integrado de las cuencas ha permitido visualizarlas como sistemas ambientales y plantear su manejo como una propuesta de conservación. La estructura y dinámica de un sistema ambiental es compleja debido a los flujos de materia y energía resultantes de la interacción de sus componentes, en ello radica la importancia de describirlos (Braz, *et al*, 2020).

Las cuencas representan el ejemplo natural de interrelación entre el componente hidrológico, el clima y el terreno, que da lugar a la alta diversidad de ecosistemas. Desde esta perspectiva, la formalidad en su estudio hace necesario un enfoque holístico a través de los sistemas de información geográfica, que permiten el análisis de una gran cantidad de información en el espacio y en el tiempo para relacionar los diversos componentes de la cuenca y explicar los atributos del paisaje, las relaciones entre factores bióticos y abióticos, y los procesos socioecológicos presentes y su efecto en el manejo y conservación de los ecosistemas y la biodiversidad (Cuervo-Robayo, *et al*, 2019).

Asimismo, este conocimiento es el marco de referencia para entender la distribución de organismos animales y vegetales como punto de partida para su evaluación y monitoreo. En este contexto, la aplicación de los sistemas de información geográfica en el manejo e interpretación de la cartografía, permite integrar datos y correlacionarlos para sustentar el conocimiento fisiográfico, geográfico y ambiental de cualquier región o cuenca y relacionarlos con los patrones de distribución de grupos de organismos o especies.



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	13 / 106

Las bases de datos como Global Biodiversity Information Facility (GBIF), Carnívoros Neotropicales, Colección Nacional de Mamíferos de México, entre otras, cuentan con registros con información para su ubicación geográfica. Estos datos permiten aplicar la información que contienen para conocer la relación de las características de la cuenca estudiada con la distribución de mamíferos y discutir las bases de su grado de conservación, ya que los mamíferos tienen un alto valor de conservación por su movilidad y requerimientos de hábitat, por lo que pueden guiar los planes de gestión y conservación, además se consideran un grupo clave en el mantenimiento de la salud de los ecosistemas y pueden indicar una posible integridad ecológica en los paisajes donde se encuentran.

La plataforma QGIS cuenta con las herramientas para facilitar estos análisis y editar los mapas que muestran su representación espacial (qgis.org, 2022).

MATERIAL Y REACTIVOS

No se requieren

EQUIPO

Proyector de imágenes

Laptop o computadora de escritorio con conexión a Internet y software QGIS instalado.

SERVICIOS

Energía eléctrica

Conexión a internet

PROCEDIMIENTO

Esta práctica se trabaja por equipos organizados por el profesor y tiene el propósito de que el alumno utilice la ubicación de una cuenca en el marco fisiográfico (provincia y subprovincia fisiográfica y sistema de topoformas), para describir sus características físicas y los elementos que la componen, su relieve a partir de las curvas de nivel, los climas existentes y los tipos de roca y suelos que la integran, así como los tipos de vegetación que se distribuyen en su territorio y el uso del suelo que se registra.

El desarrollo práctico parte de la recuperación del shape de la cuenca delimitada en la Práctica 1.1. En los sitios: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> o <https://www.inegi.org.mx/>, descargar los siguientes archivos vectoriales: mapa de climas, mapa topográfico, mapa de uso del suelo y vegetación, mapas geológico y edafológico.

En el proyecto QGIS "recortar" la información cartográfica necesaria para interpretar y describir sistemáticamente (Carrascal, 2007), la información de los componentes de la cuenca: relieve (curvas de nivel), fisiografía (provincias, subprovincias y sistemas de topoformas), climas, geología, edafología y vegetación (Gómez, 2004).



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	14 / 106

En cada tema clasificar la información y editar el mapa con el manejo de los elementos de edición cartográfica de QGIS para hacer la descripción de todos los componentes. Los mapas deben tener todos los elementos formales (título, leyenda, escala, sistema de proyecciones, nombre, institución y sus logotipos).

Discutir la presencia de las comunidades vegetales existentes en la cuenca con base en las características de relieve, clima, geología y suelos e incorporar en el análisis la influencia de estas, en la distribución de especies de plantas dominantes y de importancia significativa.

Incorporar al proyecto QGIS información de las bases de datos y discutir la posibilidad de la presencia de una o varias especies de mamíferos, en función de las características y distribución espacial de los componentes de la cuenca, como indicadores de su grado de conservación.

RESULTADOS

El alumno entregará un informe de la práctica que deberá contener los siguientes apartados: título, introducción, objetivos, material y métodos, resultados con mapas editados, discusión con mapas editados, conclusión y referencias citadas de acuerdo a APA.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

Braz, A. M., Mirandola, G. P. H., Pinto, A. L., Salinas, E. y de Oliveira, I. J. (2020). Manejo integrado de cuencas hidrográficas: posibilidades y avances en los análisis de uso y cobertura de la tierra. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía 29 (1): 69-85. doi: 10.15446/rcdg.v29n1.76232.

Carrascal, G. I. E. 2007. Metodología para el análisis e interpretación de los mapas. Colección Temas selectos de Geografía de México. Instituto de Geografía. UNAM.

Comisión Nacional para Uso y Conocimiento de la Biodiversidad. (2017). Portal de Geoinformación del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. Recuperado de www.conabio.gob.mx.

Cuervo-Robayo, A. P., Martínez, A. I., Ortiz-Haro, A., Sánchez-Cordero, V. y Flores, J. (2019). La geoinformática en el análisis del estado de conservación de cuencas hidrográficas. En Ornelas-García, C. P., Álvarez, F. A. y Wegier, A. (Eds.), Antropización: primer análisis integral, IBUNAM, CONACYT. pp. 149-166.

Datos abiertos de la Colección Nacional de Mamíferos. Recuperado de <https://datos.gob.mx/busca/dataset/coleccion-nacional-de-mamiferos>

Global Biodiversity Information Facility. Recuperado de <https://www.gbif.org/>

Gómez, E. M. del C. (2004). Métodos y técnicas de la cartografía temática. Colección Temas selectos de Geografía de México. Instituto de Geografía. UNAM.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado de [ww.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx).

Nagy-Reis, M., J. E. F. Oshima, C. Z. Kanda, F. B. L. Palmeira, F. R. de Melo, R. G. Morato, et al. (2020). NEOTROPICAL CARNIVORES: a data set on carnivore distribution in the Neotropics. Ecology 101(11):e03128. 10.1002/ecy.3128.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE
DOCENCIA
MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA VI



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	15 / 106

QGIS. Org. Descubre QGIS, recuperado de: <https://qgis.org/es/site/about/index.html>.

SEMARNAT. (2013). Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión. México. SEMARNAT. Cuadernos de divulgación ambiental. 31 pp.

Zinck, J. A. (2012). Geopedología. ITC. Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation Enschede, The Netherlands.



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	16 / 106

Unidad 2. Cuencas Hidrográficas



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	17 / 106

Práctica 2.1. Caracterización física, química y biológica *in situ* de un cuerpo de agua

OBJETIVO

Obtener indicadores ambientales en un cuerpo de agua léntico o lótico de una cuenca hidrológica, a través de la evaluación de parámetros físicos, químicos y biológicos.

FUNDAMENTO TEÓRICO

En México existen ecosistemas acuáticos que están sujetos a fuertes presiones por parte de la población, por el afán de cubrir sus necesidades; lo cual implica que en muchos casos el agua se contamine y se limite su uso para otras actividades productivas. El crecimiento acelerado de la población, la creciente industrialización y la explotación pesquera, a veces sin control, han propiciado que, en las últimas décadas, los ecosistemas acuáticos y las especies que en ellos habitan disminuyan su capacidad adaptativa por estos cambios ambientales (Comisión Nacional del Agua, 2011).

Existe un consenso general de que la información biológica no reemplaza a los registros físicos y químicos para definir la calidad del agua, especialmente asociada al crecimiento poblacional y su industrialización que han llevado a una presión en la calidad del recurso. En este contexto, la calidad del agua es un aspecto fundamental para el manejo de los sistemas acuáticos, en la actualidad hay distintos enfoques para analizar sus parámetros relacionados con esta calidad, que dependen del objetivo del estudio y del tipo de sistema acuático (Arredondo y Ponce, 1998; De la Lanza, 1990; De la Lanza, 2014).

Con el conocimiento adecuado de la calidad del agua epicontinental, es posible diagnosticar su estado de deterioro o conservación, que aunado a la riqueza y diversidad biológica son indicadores del manejo de la cuenca hidrológica a la cual pertenece.

a) Parámetros Físicos

Temperatura

La temperatura y la luz son dos factores que determinan la fotosíntesis y dependen de la latitud y la región donde se localice el sistema acuático. Estos factores ambientales determinan la circulación, renovación de masas de agua o de confinamiento, advección y mareas, entre otros (De la Lanza, 1990). Además, son relevantes para explicar la dinámica física y química del sistema, así como el metabolismo de los organismos que en él habitan (Arredondo y Ponce, 1998; De la Lanza, 2007).

En la mayoría de los sistemas lacustres, se puede presentar una discontinuidad térmica provocando una división en estratos en la columna de agua, que se caracteriza por la presencia de tres zonas con diferente temperatura denominadas: epilimnion, metalimnion e hipolimnion. La primera comprende la superficie del agua, está en circulación continua y registra la temperatura más alta, en la segunda se ubica la termoclina, estrato que presenta una marcada discontinuidad termal; la última es la capa más profunda, con temperatura más



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	18 / 106

baja y el agua casi no tiene movimiento (Reid y Wood, 1976; Wetzel, 1975, 2001; Blancas, 2007).

La temperatura del agua; tiene un significado metabólico mediante el cual los organismos aceleran o retardan sus funciones; incrementos mayores de 5°C sobre el máximo registrado en latitudes tropicales produce pérdidas de oxígeno (De la Lanza, 2014).

Visibilidad al disco de Secchi

La transparencia es la medida de la profundidad del cuerpo de agua hasta la cual se puede ver un objeto. Se mide su atenuación y ésta se verá modificada por la cantidad de los materiales disueltos y en suspensión (Wetzel y Likens, 1991; Contreras, 1994; Arredondo y Ponce, 1998; Blancas, 2007). La luz es un factor limitante para la vida en el agua, ya que es la fuente de energía para el proceso fotosintético; no toda la luz penetra en la columna de agua, y la que lo hace va perdiendo intensidad conforme se adentra en esta; un factor muy importante en la penetración de la luz es la turbidez, que es causada por la materia orgánica e inorgánica en suspensión como: arcillas, sales, materia particulada y plancton entre otros.

Turbidez

Este factor mide la cantidad de sólidos en suspensión que a su vez influyen fundamentalmente en la fotosíntesis y por consecuencia en la producción primaria. Normalmente, la zona costera puede contener ciertas concentraciones resultado de los aportes fluviales, escurrimientos y re-suspensión por corrientes mareales o eólicas; esta situación se puede incrementar por las diversas actividades antropogénicas e influir adversamente sobre el plancton y repercutir en niveles superiores de organismos (De la Lanza, 2014).

b) Parámetros Químicos

pH

En aguas naturales es altamente influenciado por diferentes sustancias como el ácido sulfhídrico, el amonio y sobre todo por la concentración de bióxido de carbono, que presenta un carácter ácido (Secretaría de Economía 2001a).

El pH del agua se debe a la naturaleza de los terrenos atravesados en la cuenca y varía entre 7.2 y 7.6. Aguas calcáreas tienen un pH elevado y las que provienen de un terreno pobre en calizas o silicatos su pH es próximo a 7.0. El pH del agua en sistemas lénticos (lagos, pantanos, estanques y embalses), está influenciado por la vegetación y naturaleza química de los fondos (De la Lanza, 1990).

El pH afecta la distribución y diversidad de los organismos y determina la naturaleza de muchas reacciones químicas que ocurren en el ambiente acuático. El intervalo adecuado para que se desarrolle la vida acuática varía de 6.5 a 9 unidades, ya que los valores extremos resultan letales para la biota acuática están en el espectro alcalino a un pH mayor de 11 y en el ácido, cuando éste es inferior de 4 (Swingle, 1969; Arredondo, 1986; Arredondo y Ponce, 1998).

El parámetro pH (acidez o alcalinidad); presenta una variación diaria entre 7.5 a 9.5 en condiciones normales de cuerpos de agua semicerrados de alta producción primaria (fotosíntesis). En México, ciertos lagos de origen volcánico pueden alcanzar niveles claramente alcalinos (>10) o incluso ser ácidos (<5) como en el caso de suelos ricos en ácidos húmicos (De la Lanza, 2014).



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	19 / 106

Oxígeno disuelto

La medición del oxígeno disuelto es importante porque este gas interviene en la respiración de los organismos y en muchas reacciones de óxido-reducción. El oxígeno disuelto; es por tanto uno de los factores abióticos relacionado directamente con los procesos de producción-respiración del ámbito biótico y su ciclo diurno en cuerpos cerrados o semicerrados, puede oscilar en condiciones normales entre la anaerobiosis y la aerobiosis (sobresaturación). Sin embargo, cargas fuertes de materiales orgánicos antropogénicos (sobre todo aguas negras industriales), desbalancean hacia una condición deficiente de aireación y deletérea para los organismos planctónicos y más aún bentónicos (Reid y Wood, 1976; Wetzel, 2001; De la Lanza, 2014).

Los niveles de este gas pueden revelar condiciones de impacto por materia orgánica o química y su solubilidad en el agua están influenciados por la temperatura y la salinidad de forma inversamente proporcional (Wetzel, 2001).

Bióxido de carbono

Su importancia radica en que constituye uno de los gases principales del metabolismo fotosintético del fitoplancton y macrófitas. Los procesos que influyen en la concentración del CO₂ son la fotosíntesis, la respiración y la descomposición de la materia orgánica, por lo cual, sus valores fluctúan durante el día en forma inversa al oxígeno y su concentración depende de la basicidad o acidez del sistema acuático (Blancas et al., 2011; Gómez et al., 2014).

El balance que presenta este gas con relación a la presencia de bicarbonatos y carbonatos constituye la denominada “Capacidad buffer o amortiguadora” que tienen las aguas naturales (De la Lanza, 1990).

Alcalinidad

El término alcalinidad de las aguas, se refiere a la cantidad de ácido que se requiere para titular las bases contenidas en una muestra de agua. Existen numerosas bases, sin embargo, las predominantes son: bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos y con menor frecuencia los boratos, silicatos y fosfatos (Arredondo y Ponce, 1998).

Los niveles de alcalinidad total registrados para aguas naturales pueden ir de menos de 5 mg/L hasta más de 500 mg/L. Las aguas que contienen 40 mg/L o más de alcalinidad total, son consideradas más productivas, por la disponibilidad de fósforo y otros nutrientes (Arredondo, 1986).

Dureza total

Se refiere a la concentración de iones metálicos divalentes en el agua, expresados como miligramos por litro (mg/L) de equivalentes de carbonato de calcio. La dureza total se relaciona con la alcalinidad total, porque los aniones de la alcalinidad y los cationes de la dureza se derivan normalmente de carbonatos que provienen de minerales (Arredondo, 1986). La dureza del agua es el resultado de la solución de rocas y minerales alcalinotérreos del suelo y del aporte directo de desechos que contienen carbonatos de calcio y magnesio como piedras calizas y dolomita que prevalecen en la corteza terrestre.

La concentración de calcio y magnesio expresada como equivalente de CaCO₃ ha sido tomada tradicionalmente como una medida de la dureza total del agua, puesto que, aunque otros iones divalentes como el estroncio y el bario también se encuentran presentes sus



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	20 / 106

concentraciones son insignificantes en aguas naturales.

La ingeniería sanitaria clasifica al agua con respecto a su dureza en términos de la concentración de CaCO_3 o su equivalente, de acuerdo con la siguiente tabla (Boyd, 1979; Arredondo y Ponce, 1998):

Dureza $\text{mg CaCO}_3/\text{L}$	Clasificación
0-75	Agua blanda o suave
75-150	Agua moderadamente dura
150-300	Agua dura
300 o más	Agua muy dura

La dureza. Este término hace referencia al contenido de calcio y magnesio como carbonatos y bicarbonatos (dureza temporal) y sulfatos, cloruros además de otros aniones de ácidos fuertes (dureza permanente) (De la Lanza, 2014).

Dureza de Calcio

La concentración de Calcio en una muestra de agua, normalmente se expresa como dureza de calcio (equivalentes de CaCO_3). La presencia de esta dureza es significativa en sistemas lacustres en México por la naturaleza de los suelos de las cuencas hidrológicas y sobre todo este valor toma especial importancia, porque constituye el elemento esencial para que los vertebrados acuáticos crezcan y formen sus estructuras óseas y de protección (Blancas, 2007).

c) Parámetros Biológicos

Bioindicadores

Dentro de los ecosistemas acuáticos epicontinentales además de la utilización de los factores fisicoquímicos para determinar su calidad ambiental, para realizar un análisis integral es importante considerar a los organismos como indicadores de la salud de los sistemas acuáticos.

Debido a la alta presión que recae sobre estos ambientes por distintas vías que en su mayoría son debidas a las actividades antropogénicas, provocan cambios sustanciales en la composición de especies, causando la desaparición o reducción de algunas de las especies que integran estas comunidades bióticas, el monitoreo biológico provee información tanto de condiciones pasadas como de actuales (Arndt y Schweizer, 1991). En este sentido, un organismo que puede ser considerado un buen indicador de la calidad del agua, debe cumplir con ciertas características que de acuerdo con Metcalfe (1989): deben ser sensibles y rápidos ante la presencia de distintos contaminantes con una amplia respuesta frente a un variado espectro de clases y grados de estrés. Deben ser ubicuos, abundantes y de fácil muestreo, con un tamaño de muestra adecuado para su determinación en el laboratorio, relativamente



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	21 / 106

sedentarios para reflejar las condiciones locales. Así como presentar estadios del ciclo vital suficientemente largos para permitir determinar un registro de la calidad del ambiente.

Es importante reconocer que los diferentes bioindicadores en ambientes acuáticos pueden pertenecer a diferentes grupos taxonómicos y encontrarse en: plancton, macroinvertebrados (poliquetos, moluscos, crustáceos, insectos), peces, aves e incluso reptiles, siendo común el uso de macroinvertebrados por su fácil colecta, manejo e identificación; además de que asociado a ellos existe mayor información ecológica (De la Lanza Espino y Hernández Pulido, 2014; García et al., 2017).

MATERIAL Y REACTIVOS

pH

Piseta

Papel filtro

Solución buffer pH 4, 7 y 10 (20 mL de c/u).

Agua destilada

Vaso de precipitado 50 mL

EQUIPO

Potenciómetro

MATERIAL Y REACTIVOS

Oxígeno por método Winkler

Piseta

2 pipetas graduadas de 2 mL

1 pipeta volumétrica de 10mL

2 matraces aforados de 100 mL

1 matraz aforado de 250 mL

1 matraz aforado de 1 L

Botella de vidrio DBO de 300 mL

1 matraz Erlenmeyer 50 mL

Frascos ámbar

Soporte universal

Pinzas para bureta

Hidróxido de sodio (NaOH) o Hidróxido de potasio (KOH)



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	22 / 106

Ioduro de sodio (NaI) o de potasio (KI)
Nitruro de sodio (Azida de sodio) (NaN_3)
Sulfato manganoso anhidro o hidratado (MnSO_4)
Almidón ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$)_n
Formalina (CH_2O)
Tiosulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0.025 N
Tolueno (C_7H_8)
Ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4)
Agua destilada (H_2O)

EQUIPO

Parrilla de agitación y calentamiento
Balanza analítica
Botella Van Dorn

MATERIAL Y REACTIVOS

Bióxido de Carbono (CO_2)

Matraz aforado de 1L
2 Soportes universales
2 Pipetas graduadas 2/100 mL
2 Pinzas para bureta
Fenolftaleína ($\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$)
Carbonato de calcio (CaCO_3) 0.0454 N
Pipeta volumétrica de 100 mL

EQUIPO

Balanza analítica

MATERIAL Y REACTIVOS

Alcalinidad

Matraz aforado de 1L
2 Soportes universales



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	23 / 106

2 Pipeta graduada 2/100 mL
2 Pinzas para bureta
Fenolftaleína ($C_{20}H_{14}O_4$)
Anaranjado de metilo ($C_{14}H_{14}N_3NaO_3S$)
Ácido sulfúrico (H_2SO_4)

EQUIPO

Balanza analítica

MATERIAL Y REACTIVOS

Dureza total

Matraz Erlenmeyer de 250 mL
Pipeta graduada de 2/100 mL
Matraz aforado de 1L
Gotero
Soporte universal
Pinzas para bureta
Indicador eriocromo negro T ($C_{20}H_{12}N_3O_7SNa$)
Clorhidrato de hidroxilamina ($NH_2OH.HCl$)
Alcohol etílico (C_2H_5OH) o isopropílico (C_3H_8O)
Cloruro de amonio (NH_4Cl)
Hidróxido de amonio (NH_4OH)
Ácido Etilendiamino Tetracético (EDTA) ($C_{10}H_{16}N_2O_8$) 0.01M.

EQUIPO

Balanza analítica

MATERIAL Y REACTIVOS

Dureza de Calcio

Pipeta graduada de 5 mL
Pipeta graduada de 2/100 mL
Matraz Erlenmeyer de 250 mL



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	24 / 106

Matraz aforado de 1L

Parrilla de agitación

Soporte universal

Pinzas para bureta

Mortero con pistilo

Frasco ámbar

Hidróxido de Amonio (NH_4OH)

Murexida ($\text{C}_8\text{H}_8\text{N}_6\text{O}_6$)

Cloruro de Calcio (CaCl_2)

Ácido Etilendiamino Tetracético (EDTA) ($\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_8$) 0.01M

EQUIPO

Balanza analítica

SERVICIOS

Agua

Electricidad

Campana de extracción

PROCEDIMIENTOS

Toma de muestras y monitoreo

Dependiendo de las generalidades de la cuenca en términos de su impacto, así como del objetivo para la determinación de caudal ecológico, por ejemplo, para la restauración o restablecimiento del régimen hidrológico y las condiciones ecológicas asociadas, se elegirá los sitios de muestreo y para la colecta de las muestras de agua. Blancas (2007) define los criterios generales para ubicación de sitios de colecta de agua; además y como lo menciona De la Lanza (2014), también pueden elegirse áreas donde existen problemas conocidos, por ejemplo, descargas de nutrimentos. Los sitios de muestreo de descarga potencial pueden ser granjas, desarrollos residenciales o urbanos. El monitoreo puede evidenciar el manejo específico entre cuencas. La selección de muestreo debe ser consistente para obtener datos confiables entre ríos, lagos u otros embalses en términos de comparación; por ejemplo, si en un lago se elige muestrear en el fondo, todos los muestreos deben ser a la misma profundidad.

Profundidad. Una vez seleccionado el lugar de toma de muestra, se introduce el disco de Secchi en la parte sombreada de la embarcación (para evitar reflejos), se deja caer lentamente hasta donde ya no sea visible y se registra la profundidad. Posteriormente se sube el disco unos centímetros hasta que nuevamente sea visible y se registra la segunda profundidad. El



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	25 / 106

promedio de ambos registros determina la profundidad de visión del disco de Secchi.

Datos de colecta. En cada estación de muestreo se registrarán in situ los parámetros básicos (por ejemplo, multisonda Hydrolab), así como muestras de agua obtenidas con la botella muestreadora elegida (Van Dorn, Niski, Ekman) y las profundidades propuestas según el diseño de monitoreo planteado y colocadas en frascos de polipropileno de 500 ml/L tratadas previamente con ácido clorhídrico al 1% y posteriormente enjuagadas suficientemente con agua destilada para no dejar rastros del ácido. Una vez obtenidas las muestras de agua se preservarán a -4°C en una hielera con hielo normal adicionando sal, acetona o alcohol para mantener dicha temperatura.

Al obtener la muestra de agua deberá registrar inmediatamente su temperatura, con termómetro de inmersión total o parcial o con algún método instrumental que incluya sensores térmicos.

Las muestras de agua colectadas y contenidas en botellas de polipropileno etiquetadas con los siguientes datos: lugar de colecta, fecha, hora, profundidad, condiciones climáticas, colector y fecha de vigencia; deberán conservarse en hielo hasta el momento del análisis. El alumno podrá consultar el fundamento y los procesos analíticos, en la versión electrónica e impresa (Blancas et al., 2011; Gómez et al., 2014), especialmente si se adopta la modalidad de la Microescala.

PROCEDIMIENTO

pH

El pH de una solución es una medida de la concentración de los iones hidronio y se representa como:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

En una escala de 0 a 14, un pH de 7 representa una solución neutra donde las concentraciones de H⁺ y OH⁻ tienen el mismo valor, entre 7 y 14 se considera alcalino y por debajo de 7 es ácido.

El potenciómetro mide el potencial eléctrico entre dos electrodos adecuadamente inmersos en la solución a examinar, uno es el de referencia que presenta un potencial constante y el otro es un indicador que asume un potencial dependiente de la actividad iónica de la solución; definiéndose el potencial electrodo como la diferencia en potencial entre el electrodo y la solución en la cual está inmerso.

Calibrar el potenciómetro con soluciones buffer, primero con la solución de pH 4 y después con la de pH 7 para ambientes ácidos, si el ambiente es alcalino se debe calibrar primero con la solución pH 10 y después con la de pH 7, las soluciones deberán estar a la misma temperatura de la muestra. Con el mínimo de agitación medir el pH, colocando el electrodo(s) dentro de un vaso de precipitado que contenga 50 mL de la muestra problema hasta que el valor deje de variar; enjuagar el electrodo(s) con agua destilada o desionizada, con ayuda de una piseta y secar suavemente con papel filtro el exceso de agua antes de introducir el electrodo a otra muestra.



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	26 / 106

Principio, preparación de reactivos y procedimiento para la determinación de O₂. Método de Winkler, modificación de azida, método de Alsterberg (APHA, 2009).

Principio. El ion manganoso es oxidado por el oxígeno molecular para formar dióxido manganoso, generando un precipitado color café. En condiciones de anoxia, se puede presentar un precipitado blanco, ya que el ion manganoso reacciona con el hidróxido manganoso. Una posterior acidificación en presencia de yoduro disuelve el precipitado y produce condiciones ácidas para la oxidación de yodo a yoduro, liberando yodo en cantidades equivalentes al oxígeno disuelto en la muestra (Secretaría de Economía, 2009).

Toma de muestra: introducir la manguera de la botella Van Dorn, hasta el fondo de una botella tipo DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), llenarla hasta que se derrame durante unos segundos evitando que burbujee. Tapar con cuidado la botella tipo DBO.

Preparación de reactivos

Alcalí-ioduro. Disolver 50 g de NaOH o 70 g de KOH y 13.5 g de NaI o 15 g de KI en agua y aforar a 100 mL. (Es recomendable no mezclar Na⁺ con K⁺).

Alcalí-ioduro-azida de sodio. Disolver 1 g de NaN₃ en 4 mL de agua y agregar esta solución agitando constantemente a 95 mL de la solución de alcalí-ioduro.

Sulfato manganoso. Disolver 48 g de MnSO₄·4H₂O ó 40 g de MnSO₄·2H₂O ó 36.4 g de MnSO₄·H₂O en agua, filtrar y aforar a 100 mL.

Almidón. Agregar 2 g de almidón soluble en 100 mL de agua destilada, en un matraz de 250 mL, calentarlo mientras se agita hasta que se ponga transparente y agregar 0.5 mL de formalina o unas gotas de tolueno como conservador.

No calentar la solución en matraz aforado.

Tiosulfato de Sodio 0.025 N. Disolver 6.205 g de Na₂S₂O₃·5H₂O en agua libre de bióxido de carbono (hervida y enfriada), y aforar a un litro, agregar 5 gotas de cloroformo como conservador y guardar en botella ámbar previamente lavada con mezcla crómica y enjuagada con agua caliente.

Ácido sulfúrico concentrado, grado analítico.

PROCEDIMIENTO

Agregar a la muestra 2.0 mL de solución de sulfato manganoso y 2.0 mL de alcalí-ioduro-azida, introduciendo la pipeta al fondo y sobre las paredes del frasco, taparlo con cuidado evitando burbujas y mezclar invirtiendo el frasco unas 20 veces. La muestra en estas condiciones puede soportar 2 o 3 h para continuar con la determinación, ya que el oxígeno ha sido fijado (precipitado blanco o marrón).

Si el color es marrón (presencia de oxígeno) agregar 2.0 mL de ácido sulfúrico concentrado y agitar hasta disolver el precipitado.

Tomar una alícuota de 10 mL en un matraz Erlenmeyer de 50 mL, agregar de 2 a 3 gotas de solución indicadora de almidón y titular con una solución de tiosulfato de sodio 0.025 N



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	27 / 106

hasta la desaparición del color azul, registrar el volumen de la alícuota y el volumen de titulante gastado, se sugiere hacer la determinación con una repetición.

Cálculos. Se calcula la concentración de oxígeno disuelto mediante la siguiente fórmula:

$$mg \text{ oxígeno/L} = \frac{(N \text{ del titulante}) (mL \text{ del titulante}) (8000)}{\text{vol. muestra} \frac{(\text{vol. botella} - \text{vol. reactivos agregados})}{\text{vol. botella}}}$$

Donde:

N del titulante= Normalidad del Tiosulfato de Sodio

mL del titulante= mililitros gastados de Tiosulfato de Sodio

8000= Factor de corrección a mg/L y equivalente químico del oxígeno

vol. botella= Frasco DBO

vol. reactivos agregados= Sulfato Manganoso + Alkali Ioduro

Principio, preparación de reactivos y procedimiento para la determinación de bióxido de carbono por el método Titrimétrico (APHA, 2009).

Principio. El CO₂ libre que presenta carácter ácido, se hace reaccionar con una base que puede ser hidróxido o carbonato de sodio para formar bicarbonatos de sodio. La titulación se realiza utilizando fenolftaleína como indicador, donde la terminación de la reacción se indica por la formación del color rosa característico del indicador a un pH equivalente de 8.3 y que todo este gas ha sido convertido químicamente a HCO₃⁻

Preparación de reactivos

Solución indicadora de fenolftaleína. Disolver 0.5 g de fenolftaleína en 50 mL de alcohol etílico o isopropílico al 95% y agregar 50 mL de agua destilada libre de CO₂. A continuación, se adiciona NaOH al 0.0227 N gota a gota hasta la aparición de una ligera coloración rosa.

Solución de Carbonato de Sodio 0.0454 N. Pesar 2.407 g de Carbonato de Sodio anhidro, previamente secado a 150° C por dos horas, disolver en agua libre de CO₂ y aforar a 1 L. Este reactivo se prepara al momento de utilizarlo y se debe proteger del bióxido de carbono atmosférico.

Solución de Hidróxido de Sodio 0.0227 N. Preparar una solución patrón de NaOH 0.0227 N disolviendo 0.91 g de NaOH en agua destilada libre de CO₂ y aforar a 1000 mL. Esta solución debe prepararse al momento de utilizarla y guardarse en un frasco ámbar.

Agua libre de CO₂. Hervir agua destilada por lo menos 15 minutos, tapar con papel aluminio o papel parafilm y enfriar a temperatura ambiente.

PROCEDIMIENTO

Medir 10 mL de agua de la muestra problema y colocarla en un matraz Erlenmeyer, agregar de 3 a 5 gotas de solución indicadora de fenolftaleína, si la muestra se torna rojiza o rosa el CO₂ está ausente y se reporta como 0.0 mg CO₂/L. Si la muestra se mantiene incolora se titula con solución de Carbonato de Calcio al 0.045 N o Hidróxido de Sodio, agitando



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	28 / 106

suavemente hasta que presente una solución rosa por más de 30 segundos.

Cálculos:

Si la titulación se realiza con Carbonato de Calcio, se aplica la siguiente fórmula:

$$mg CO_2/L = \frac{(mL \text{ del titulante}) (N \text{ del titulante}) (22) (1000)}{vol. muestra (mL)}$$

Donde:

mL del titulante= mililitros gastados de Carbonato de Calcio

N titulante= Normalidad del Carbonato de Calcio

22= Equivalente químico para CO₂, valorado con Carbonato de Calcio

Si la titulación se realiza con Hidróxido de Sodio, se aplica la siguiente fórmula:

$$mg CO_2/L = \frac{(mL \text{ del titulante}) (N \text{ del titulante}) (44) (1000)}{vol. muestra (mL)}$$

Donde:

mL del titulante = mililitros gastados de Hidróxido de Sodio

N titulante = Normalidad del Hidróxido de Sodio

44= Equivalente químico para CO₂, valorado con Hidróxido de Sodio

Principio, preparación de reactivos, método Indicadores y procedimiento para la determinación de alcalinidad a la fenolftaleína y al anaranjado de metilo (APHA, 2009).

Principio. El método de indicadores se basa en el manejo de pH, utilizando la fenolftaleína y el anaranjado de metilo. La valoración de la alcalinidad se realiza en dos etapas: Si las muestras se tornan rojizas al agregarles fenolftaleína estas contienen cantidades considerables de iones carbonato y al valorarlo con ácido sulfúrico estos se transforman a bicarbonatos, que se adicionan a los bicarbonatos originalmente presentes en la muestra.

La segunda etapa consiste en valorar la muestra, también con ácido sulfúrico, para determinar la alcalinidad total (bicarbonatos de la primera reacción más los bicarbonatos de la muestra) utilizando el anaranjado de metilo como indicador hasta que todo el bicarbonato se convierta en bióxido de carbono y agua en el punto de conversión.

Preparación de reactivos

Alcalinidad

Solución indicadora de fenolftaleína. Disolver 0.5 g de fenolftaleína en 50 mL de alcohol etílico o isopropílico al 95% y agregar 50 mL de agua destilada libre de CO₂. A continuación, se adiciona NaOH al 0.0227 N gota a gota hasta la aparición de una ligera coloración rosa.

Solución indicadora de anaranjado de metilo. Disolver 0.5 g de anaranjado de metilo y aforar a un litro con agua destilada.

Nota: preparar solo la cantidad que ocupará para los análisis, hacer los cálculos correspondientes.

Ácido sulfúrico 0.02 N. Preparar una solución de ácido sulfúrico 0.1 N por dilución de 2.8 mL



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	29 / 106

de ácido sulfúrico concentrado a 1000 mL de agua destilada libre de CO₂. A continuación, diluir 200 mL de ácido sulfúrico 0.1 N a 1000 mL con agua destilada libre de CO₂.

PROCEDIMIENTO

Alcalinidad a la fenolftaleína

Tomar 10 mL de muestra problema con una pipeta volumétrica y verterlo en un matraz Erlenmeyer de 250 mL. Si la muestra por analizar es de agua potable, se le agregan dos gotas de tiosulfato de sodio (Na₂S₂O₃ al 0.1N) para remover el cloro libre residual. Adicionar dos gotas de solución indicadora de fenolftaleína; si la muestra se vuelve rojiza, es que contiene carbonatos y se valoran con una solución 0.02 N de ácido sulfúrico hasta obtener el vire a incoloro. Tomar la lectura del volumen gastado y conservar la muestra para la determinación de alcalinidad al anaranjado de metilo. Si no aparece color rojizo al agregar la fenolftaleína a la muestra, se anota alcalinidad a la fenolftaleína igual a cero y se conserva la muestra para la determinación de alcalinidad al anaranjado de metilo.

Alcalinidad total o al anaranjado de metilo. Agregar de 3 a 5 gotas de solución indicadora de anaranjado de metilo a la muestra de agua del paso anterior y valorar con ácido sulfúrico 0.02 N hasta que el color vire a anaranjado semejante al color del coral o del fruto mamey.

Cálculos. Los resultados se pueden expresar en mg de CaCO₃/L de acuerdo con las siguientes fórmulas:

$$\text{Alcalinidad a la fenolftaleína en mg CaCO}_3 = \frac{(\text{vol. titulante}) (\text{N titulante}) (50) (1000)}{\text{vol. muestra (mL)}}$$

$$\text{Alcalinidad total en mg CaCO}_3 = \frac{(\text{vol. titulante}) (\text{N titulante}) (50) (1000)}{\text{vol. muestra (mL)}}$$

Principio, preparación de reactivos y procedimiento para la determinación de Dureza por el método complejométrico (APHA, 2009)

Principio Dureza Total. El método se basa en la formación de complejos por la sal disódica del ácido etilendiamino tetraacético con los iones calcio y magnesio. El método consiste en una valoración empleando un indicador visual de punto final, el negro de eriocromo T, que es de color rojo en la presencia de calcio y magnesio y vira a azul cuando estos se encuentran acomplejados o ausentes. El complejo del EDTA con el calcio y el magnesio es más fuerte que el que estos iones forman con el negro de eriocromo T, de manera que la competencia por los iones se desplaza hacia la formación de los complejos con EDTA desapareciendo el color rojo de la disolución y tornándose azul (Secretaría de Economía, 2001b).

Preparación de reactivos

Solución buffer. Disolver 67.5 g de NH₄Cl en 570 mL de NH₄OH concentrado y aforar a un litro con agua destilada.

Indicador eriocromo negro T. Disolver 4.5 g de clorhidrato de hidroxilamina y 0.5 g de eriocromo negro en 100 mL de alcohol etílico o isopropílico al 70%. Guardar en un frasco gotero. Este indicador se deteriora con el tiempo por lo cual se sugiere prepararlo nuevamente



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	30 / 106

después de 2 ó 3 meses de almacenamiento.

Solución de EDTA 0.01 M. Disolver 3.723 g de ácido etilendiamino tetracético de sal sódica (EDTA) en agua destilada aforando a un litro.

Nota: preparar solo la cantidad que ocupará para los análisis, hacer los cálculos correspondientes.

PROCEDIMIENTO

Medir 5 mL de muestra y colocarlos en un matraz Erlenmeyer de 250 mL. Adicionar 0.1 mL de solución buffer de amonio (pH 10). Añadir 1 o 2 gotas del indicador eriocromo negro T para obtener una coloración rojo vino. Titular con EDTA 0.01 M hasta el vire a azul intenso, anotándose el volumen gastado de EDTA.

Cálculos. La dureza total expresada en mg CaCO₃ se obtiene utilizando la siguiente ecuación:

$$mg \text{ CaCO}_3/L = \frac{(\text{mL EDTA}) (\text{M EDTA}) (100.1) (1000)}{\text{vol. muestra (mL)}}$$

Donde:

mL EDTA= mililitros de EDTA gastados

M EDTA= Molaridad del EDTA

100.1= Factor químico del Carbonato de Calcio

Principio Dureza de Calcio. Con una solución de EDTA el calcio presente en la muestra forma un complejo estable con el Magnesio.



La muestra de agua debe de estar a pH básico para precipitar Magnesio y sus hidróxidos, de tal forma que el EDTA reacciona exclusivamente con el calcio (Arredondo y Ponce, 1998). Al emplear murexida como un indicador visual la muestra se torna de color púrpura oscuro, que en presencia de Calcio forma un complejo estable de color rojizo o rosa.

Preparación de reactivos

Solución de Hidróxido de Sodio 1 N. Disolver 40 g de NaOH y diluir a un litro con agua destilada.

Indicador murexida. Mezclar 200 mg de murexida (púrpura de amonio) con 100 g de NaCl, colocar en un mortero y triturar. Cuando se utiliza la murexida es necesario realizar la titulación inmediatamente después de la adición del indicador, ya que es inestable bajo condiciones alcalinas. El indicador se debe almacenar en frasco ámbar.

Solución de EDTA 0.01 M. Disolver 3.723 g de ácido etilendiamino tetracético de sal sódica (EDTA) en agua destilada aforando a un litro.

Nota: preparar solo la cantidad que ocupará para los análisis, hacer los cálculos



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	31 / 106

correspondientes.

PROCEDIMIENTO

Medir 5 mL de muestra y colocarlos en un matraz Erlenmeyer de 250 mL. Adicionarle 0.2 mL de NaOH 1 N y agitar. Agregar 10 mg de murexida y mezclar por agitación. Titular lentamente con EDTA 0.01 M hasta que la solución vire de color rosa o rojizo a color púrpura o morado.

Cálculos. La concentración de calcio expresada como mg de CaCO_3 /L se obtiene de la siguiente ecuación:

$$\text{mg CaCO}_3/\text{L} = \frac{(\text{mL EDTA}) (\text{M EDTA}) (100.1) (1000)}{\text{vol. muestra (mL)}}$$

Donde:

mL EDTA= mililitros de EDTA gastados

M EDTA= Molaridad del EDTA

100.1= Factor químico del Carbonato de Calcio

RESULTADOS

El alumno entregará un informe de la práctica que deberá contener los siguientes apartados: título, introducción, objetivos, material y métodos, resultados, discusión, conclusión y referencias citadas de acuerdo con APA.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

APHA. (2009). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington D. C. USA. AWWA/APHA/WEF STANDARD METHODS.

Arndt, U. and Schweizer, B. (1991). The Use of Bioindicators for Environmental Monitoring in Tropical and Subtropical Countries. En H. Ellenberg, Biological Monitoring: Signals from the Environment (pp. 158-206). Vieweg and Sohn, Braunschweig, Germany.

Arredondo, F. J. L. (1986). Breve descripción de los criterios y las técnicas para el manejo y la calidad de agua en estanques de piscicultura intensiva. D. F., México. Secretaría de Pesca, Dirección General de Acuicultura.

Arredondo, F. J. L. y Ponce, P. J.T. (1998). Calidad del agua en acuicultura. Conceptos y aplicaciones. D. F., México. AGT Editores.

Blancas, A. G. A. (2007). Criterio para establecer estaciones de monitoreo y análisis de parámetros fisicoquímicos. En: Arredondo-Figueroa J. L., Díaz-Zavaleta G. y Ponce-Palafox J. T. Compiladores. Limnología de presas mexicanas. Aspectos teóricos y prácticos. D. F., México. AGT S. A. y UAM Editores.

Blancas, A. G., Constanzo, C. E., Cervantes, S. A. y Gómez, M. J. L. (2011). Manual de análisis de aguas naturales y su aplicación a la microescala. PAPIME PE200810. Recuperado



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	32 / 106

de: <http://feszaragoza.carrerabiologia/ecología/cuantitativa/materialdidáctico>.

Boyd, C. E. (1979). Water quality in warm water fishponds. Alabama, USA. Auburn University Alabama.

Comisión Nacional del Agua. (2011). Atlas de agua en México 2011. D. F., México. SEMARNAT 142 p. www.conagua.gob.mx.

Contreras, E. F. (1994). Manual de Técnicas hidrobiológicas. D. F., México. UAM Iztapalapa, Trillas.

De la Lanza, E. G. (1990). Algunos conceptos sobre hidrológica y calidad del agua. En:

Arredondo, J. L. y compiladores. La acuicultura en México: de los conceptos a la producción. D. F., México. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.

De la Lanza, E. G. 2007. Las aguas interiores de México. Conceptos y casos. D. F., México. AGT Editores S. A.

De la Lanza, E. G. 2014. Protocolo para el muestreo de calidad del agua en ríos endorréicos y exorréicos, y en humedales para la aplicación de la Norma de Caudal Ecológico (NMXAA-159-SCFI-2012). D. F., México. Programa Nacional de Reservas de Agua.

De la Lanza, Espino G. y Hernández, S. (2014). Organismos acuáticos como indicadores de cambios ambientales: características, elección, interpretación, monitoreo, ventaja y desventaja. En González Zuarth, C.A., A. Vallarino, J.C. Pérez Jiménez & A. M. Low Pfeng, Bioindicadores. Guardianes de nuestro futuro ambiental. (pp. 41-64). ECOSUR-INECC, México.

Secretaría de Economía. (2001a). NMX-AA-036-SCFI-2001. Análisis de Agua-Determinación de Acidez y Alcalinidad en Aguas Naturales, Residuales y Residuales Tratadas-Método de Prueba., México.

Secretaría de Economía. (2001b). NMX-AA-072-SCFI-2001. Análisis de agua determinación de dureza total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas- método de prueba., México.

Secretaría de Economía. (2009). NMX-AA-012/1-SCFI-2009. Análisis de Agua-Determinación del Oxígeno Disuelto-Método de Prueba-Parte 1-Método iodométrico., México.

García, J.M., Sarmiento, L.F., Rodríguez, M.S. y Porras, L.S. (2017). Uso de bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua en ríos: aplicación en ríos tropicales de alta montaña. Revisión corta. UGCiencia, 23, 47-62

Gómez, M. J. L., Blancas, A. G., Constanzo, C. E. y Cervantes, S. A. (2014). Análisis de calidad de aguas naturales y residuales con aplicación a la microescala. D. F., México. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México.

Metcalfe, J. (1989). Biological Water Quality Assessment of Running Waters Based on Macroinvertebrate Communities: History and Present Status in Europe. *Environmental Pollution*, 60, 60, 101-139.

Reid, G. K. and Wood, R. D. (1976). Ecology of inland Waters and estuaries. Cincinnati, USA. D. Van Nostrand Company.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE
DOCENCIA
MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA VI



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	33 / 106

Swingle, H.S. (1969). Methods of analysis for water, organic, and pond bottom soils used in fisheries research. Alabama, USA. Auburn University Alabama.

Wetzel, R. G. (1975). Limnology. Philadelphia, USA. Saunders Company.

Wetzel, R. G. (2001). Limnology. Lakes and Rivers Ecosystem. Philadelphia, USA. Omega.

Wetzel, R. G. and Likens, G. E. (1991). Limnological analyses. Philadelphia, USA. Saunders Company.



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	34 / 106

Práctica 2.2. Balance Hidrológico como estimador de la calidad del Servicio Ambiental Hidrológico (SAH)

OBJETIVOS

Integrar las características de la cuenca con la información cartográfica de vegetación, tipo de suelo, orografía e hidrología, con información de campo y gabinete.

Describir el comportamiento hidrológico de la cuenca y evaluar su capacidad de captación de agua, mediante el cálculo de la infiltración y el coeficiente de escorrentía.

FUNDAMENTO TEÓRICO

El concepto de cuenca hidrográfica se expresa como un área delimitada por la dirección de sus cursos de agua y su superficie se define por el “parteaguas” a partir del cual la precipitación drena por esa sección (Cotler, 2010). Los términos “Cuenca hidrográfica” y “Cuenca hidrológica” a veces se utilizan indistintamente, sin embargo, atendiendo a sus raíces grecolatinas, el primero alude a la descripción (grafos) del área delimitada por el parteaguas (altorrelieve) sobre la superficie terrestre en términos puramente morfológicos y con base en los escurrimientos superficiales; mientras que el segundo se refiere a las relaciones (logos) que guarda aquella con el subsuelo (hasta el lecho rocoso) y los factores ambientales (Banderas, 2007), las cuencas hidrográficas se delimitan a partir de criterios meramente topográficos, morfográficos e hidrográficos, con base en la red de drenaje superficial (Manzo y López, 1997).

La estrategia del Manejo Integrado de Cuencas (MIC), la cual se basa en el entendimiento de la dinámica de la cuenca y de cada uno de sus componentes, así como, en el conocimiento, voluntad, capacidad de gestión y participación de los actores que intervienen en ella (Dourojeanni, 2006, Cruz et al., 2015), constituye una alternativa para conservar a buen nivel los Servicios Ambientales que ofrece. El MIC implica gestión “participativa e integrada”, con el compromiso de la población local (López, 2014).

El agua se recibe por precipitación o niebla, se considera la captación neta como la suma de la precipitación vertical (PV) o pluviometría, y la precipitación horizontal (PH) basada en forma de niebla. Esta agua se reparte entre los procesos de evapotranspiración, escorrentía e infiltración, constituyendo el Balance Hidrológico. La evaluación de los recursos hídricos de una cuenca requiere de una estimación correcta del balance hidrológico, es decir, comprender el ciclo en sus diferentes fases (Cruz et al., 2015).

La Cuenca Hidrológica, es reconocida como la unidad autónoma territorial para la gestión integrada de los recursos, por su funcionamiento eco-hidrológico y por sus relaciones intrínsecas entre usuarios y territorios, además de su interacción con los sistemas físicos y bióticos (flora y fauna) (Cotler, 2010). La calidad de los Servicios Ambientales de Cuencas, llamado también Servicio Ambiental Hidrológico (SAH), son reconocidos como indicadores de conservación de los ecosistemas que componen la Cuenca (Madrid, 2011). El SAH se fundamenta en la capacidad que tienen los ecosistemas de captar el agua de lluvia a través de la infiltración, la cual posteriormente, mediante procesos de depuración natural que ocurren mientras es filtrada en el subsuelo, se convierte en agua dulce de mejor calidad que alimenta



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	35 / 106

los acuíferos y eventualmente, por procesos de afloramiento en manantiales, abastece de caudales fluviales y forma cuerpos de agua. En contraste, el agua de lluvia, cuando encuentra escenarios de orografía accidentada con pendientes importantes con suelo expuesto por falta de cubierta vegetal; constituye un riesgo de erosión y formación de escorrentías que azolvan los sistemas acuáticos, disminuyendo la calidad de SAH (Oswald, 2018).

Bajo este escenario, el análisis del balance hidrológico en una cuenca, basado en conocer la cantidad de agua aprovechada por infiltración, la pérdida por escorrentía y la restante por evaporación, brindará información de la calidad de los servicios ambientales hidrológicos que ofrecen los ecosistemas existentes.

MATERIAL Y REACTIVOS

Tubo de PVC de longitud conocida y diámetro de 3 pulgadas.

Regla de plástico transparente

Cinco litros de agua para llenar el cilindro de PVC.

EQUIPO

Cronómetro

Software de acceso libre (ArcMap, ArcGIS, MappingGIS, entre otros)

Computadora

Clisímetro o alguna aplicación para evaluar pendientes para dispositivos comunicación personal.

GPS

SERVICIOS

No se requieren

PROCEDIMIENTO

Recopilar los datos obtenidos de bibliografía y campo, así como los obtenidos en el laboratorio, producto de las prácticas de cartográfica, suelo, agua, vegetación y vertebrados de la cuenca en estudio, integrarlos en un SIG para su análisis espacial. La evaluación del balance hidrológico que a continuación se describe, integra la información anterior en la explicación del movimiento hídrico en una cuenca,

Cálculo de coeficiente de escorrentía

En el campo, el alumno ubicará con ayuda de un equipo GPS (Sistema Global de Posicionamiento) la localización geográfica en coordenadas UTM y grados del sitio en estudio. A través de la caracterización ecológica, Identificará los diferentes componentes de la cuenca (el relieve, la altitud, el clima, la geología, la cubierta suelo, la cubierta vegetal, y los eventos naturales, propios de la localidad estudiada) (Banderas, 2007). Donde se



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	36 / 106

destacan datos como: inclinación de pendientes, uso de suelos y se tomarán datos edáficos como humedad y grado textural, datos relevantes para el cálculo en el drenado superficial. Datos y observaciones que estarán debidamente especificados en la Bitácora de campo (Blancas *et al.*, 2009). Se empleará el método de Prevert para estimar inicialmente un Coeficiente de escurrimiento (TRAGSA, 1994), con el empleo del cuadro 1.

Cuadro 1. Rangos para estimar el coeficiente de escurrimiento del método de Prevert (Tomado de TRAGSA, 1994).

Uso de suelo	Pendiente	Textura		
		1. Gruesa	2. Media	3. Fina
1. Bosque	1. 0 -5	0.10	0.30	0.40
	2. 5 – 10	0.25	0.36	0.50
	3. 10 -30	0.30	0.40	0.60
	4. > 30	0.32	0.42	0.63
2. Pastizal	1. 0 -5	0.15	0.35	0.45
	2. 5 – 10	0.30	0.40	0.55
	3. 10 -30	0.35	0.45	0.65
	4. > 30	0.37	0.47	0.68
3. Agricultura	1. 0 -5	0.30	0.50	0.60
	2. 5 – 10	0.40	0.66	0.70
	3. 10 -30	0.50	0.70	0.80
	4. > 30	0.53	0.74	0.84

Los valores obtenidos, se multiplicarán entre sí y el resultado se expresará en porcentaje y así se obtendrá el coeficiente de escurrimiento puntual.

A partir del conocimiento de las variables anteriores y, de acuerdo con la fórmula racional presentada por Sáenz (1999), se deriva un coeficiente de escurrimiento ponderado para la cuenca, obtenido éste a partir de los coeficientes de escurrimiento de Prevert generados para cada condición de vegetación, suelo, pendiente y superficie. Una vez obtenido dicho coeficiente ponderado (Cep), se relaciona con la superficie de la cuenca y la precipitación, para estimar el volumen medio de escurrimiento. Se toma en cuenta que en cada tipo de suelo varía la cantidad de agua escurrida, considerando la pendiente y la textura, por lo que se calcula un coeficiente de escurrimiento dado por tabla de Prevert con la superficie por coeficiente (Ce) y uso del suelo utilizando la siguiente expresión:

$$Cep = (Ce1)(A1) + (Ce2)(A2) + (Cen)(An)$$

Cep= Coeficiente de escurrimiento promedio

Ce= Coeficiente de escurrimiento del área específica

A= área específica



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	37 / 106

Con las cubiertas clasificadas de esa manera se procederá a realizar una sobreposición digital entre ellas, para generar nuevos polígonos con información de cobertura, textura y pendiente, se recodificaron, asignándole a cada polígono el valor de coeficiente de escorrentía, de acuerdo con las características antes mencionadas y basándose en la tabla de Prevert. El producto parcial resultante es el mapa de coeficientes de escorrentía. Posteriormente, y con base en los coeficientes de escorrentía ponderados, se estima el volumen medio de agua escurrido.

Infiltración

Utilizando dos cilindros de PVC de dos y cuatro pulgadas de diámetro respectivamente y ambos de 30 cm de altura; el primero marcado en centímetros; un cronómetro y agua potable se medirá la velocidad de infiltración.

Se insertarán verticalmente en el suelo (sin hojarasca), el cilindro delgado dentro del otro se llenará de agua e inmediatamente con el empleo de un cronómetro, se registrará el tiempo que tarda en infiltrarse el agua al suelo, pudiendo obtener tasas de infiltración.

Empleando la fórmula del cilindro:

$$V = \pi r^2 (altura)$$

El resultado es el volumen infiltrado al suelo por unidad de tiempo, se tendrá que repetir esto en varios sitios para caracterizar las distintas zonas de abastecimiento. Las condiciones de humedad y grado textural del suelo, tipo de vegetación serán relevantes y se considerarán para el análisis final.

Por último, habiendo calculado la infiltración y escorrentía, el alumno dará un diagnóstico del balance hidrológico del sitio de estudio, como indicador de la calidad del SAH proporcionado por la cuenca y su relación con las actividades antrópicas del sitio.

RESULTADOS

El alumno entregará un informe de la práctica que deberá contener lo siguiente: título, introducción, objetivos, material y métodos, resultados, discusión, conclusión y referencias citadas de acuerdo con APA.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

Banderas, T. A. G. (2007). Caracterización de la Cuenca Hidrológica. **En:** Limnología de Presas Mexicanas, Aspectos teóricos y prácticos. D. F., México. AGT. Editores.

Blancas, A. G. A., Ramírez, P. N., Cervantes, S. A. y Castillo, G. M. (2009). La bitácora, significado, construcción y aplicación en la generación del conocimiento científico. D. F., México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM.

Cotler, A. H. (Coordinadora). (2010). Las cuencas Hidrológicas en México. Diagnóstico y Priorización. D. F., México, SEMARNAT, INE y LAP.

Cruz, R. B., Gaspari, F. J., Rodríguez, V. M A., Carrillo, G. M. F. y Téllez, L J. (2015). Análisis morfométrico de la cuenca hidrográfica del río Cuale, Jalisco, México. Investigación y Ciencia



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	38 / 106

de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, 64: 26-34.

Dourojeanni, A. (2006). Conceptos y Definiciones sobre Gestión Integrada de Cuencas. CONAMA, Santiago de Chile. 26 p.

López, B. (2014). Análisis del manejo de cuencas como herramienta para el aprovechamiento sustentable de recursos naturales. Revista Chapingo, Serie Zonas Aridas (XIII, núm 2): 39-45.

Madrid, R. L. (2011). Los pagos por servicios ambientales hidrológicos, más allá de la conservación pasiva de los bosques. Rev, *Investigación Ambiental*. 3(2):52-58.

Manzo, D. L. y López, G. J. (1997). Análisis geocositémico de la cuenca del río Temascaltepec, Estado de México. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía de la UNAM, 34: 9-31.

Oswald-Spring, U. (2018). La seguridad del agua en México. Foro consultivo, científico y tecnológico. www.foroconsultivo.or.mx

Sáenz, G. (1999). Hidrología en la ingeniería. Bogotá. Colombia. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.

TRAGSA. (1994). Restauración hidrológica forestal de cuencas y control de erosión. Madrid, España. Ediciones Mundi-Prensa



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	39 / 106

Unidad 3. Ecología de Poblaciones y Comunidades



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	40 / 106

Práctica 3.1. Caracterización de comunidades vegetales y su grado de conservación

OBJETIVOS

Definir de acuerdo al tipo de vegetación, el o los métodos más adecuados para su caracterización.

Caracterizar los tipos de vegetación en una zona de la cuenca hidrológica de interés, en función de su estructura, fisonomía y composición florística.

Determinar el grado de conservación de la vegetación de una unidad de estudio.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Los componentes vegetales de un ecosistema son la base de la red trófica, de ellos depende la disponibilidad inicial de recursos para el resto de organismos y por lo tanto su estado de conservación es un indicador de la estabilidad funcional de los procesos ecosistémicos tanto de los flujos de materia y energía como de la disponibilidad de hábitats para los demás grupos funcionales (Terradas, 2001).

En todo el mundo los cambios en el uso del suelo, la pérdida y la fragmentación del hábitat, y la invasión de especies están produciendo una reducción acelerada de la biodiversidad (Newbold *et al.* 2015). Por lo que conocer los atributos de la vegetación como son la estructura, composición y fisonomía, además de la presencia de especies invasoras y/o introducidas, es muy importante para establecer el estado de conservación de una localidad. Por lo tanto se hace necesario contar con algunos indicadores basados en la estructura y composición para diferenciar un gradiente de conservación. La estructura vegetal se puede definir mediante parámetros dasométricos y volumétricos y con estos datos, obtener el índice de valor de importancia (IVI) que resalta la relevancia ecológica relativa de las especies en una comunidad vegetal acorde al carácter y la estructura de un ecosistema (Astudillo-Sánchez, *et al.* 2019).

Por otro lado, el establecimiento de especies invasoras puede ser interpretado como un indicador de la modificación del hábitat (Santibañez-Andrade, *et al.* 2015). Ya que estas especies pueden causar efectos indeseables en el sistema como la disminución de la riqueza de especies características del sitio, agotamiento de nutrientes, alelopatía, inclusión de enfermedades y mayor competencia con las especies circundantes (Pysek *et al.* 2004), por lo tanto la presencia o ausencia de éstas especies determinarán la calidad del hábitat.

Para conocer el estado de conservación de la vegetación de una localidad es necesario hacer un muestreo de la vegetación el cual permite obtener información cualitativa y cuantitativa de la cobertura vegetal y sus características de un área determinada. El muestreo se basa en la representación de la comunidad a estudiar, por lo que estadísticamente, el muestreo es un procedimiento destinado a la estimación no sesgada de los parámetros estadísticos de una población, como por ejemplo su media y varianza (Krebs, 1989).

Las características del muestreo dependen de las dimensiones y heterogeneidad del área

	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	41 / 106

de observación y el objetivo planteado. Cuanto mayor sea el área a evaluar y cuanto más diversa la cubierta vegetal, mayor será el esfuerzo de muestreo a ejecutar. Las áreas menos extensas y la vegetación más uniforme requieren de un menor número de parcelas o una menor superficie total de muestreo, para el logro de la precisión deseada en la información obtenida (Greig-Smith, 1967).

La definición del tipo, número, tamaño y distribución de las unidades muestrales empleadas, constituyen el diseño de muestreo que debe estar asociado a la hipótesis propuesta. La planeación del muestreo es una fase fundamental en la investigación de la vegetación. La recolección de datos se debe realizar tomando en cuenta los objetivos del estudio, las características de la vegetación y considerar el manejo y análisis estadístico de los datos a utilizar.

Para muestrear la vegetación, existen diversos métodos, entre los que se encuentran:

Línea de Candfield. Este método se aplica para muestreo tanto de vegetación arbustiva como arbórea. En un inicio se consideraban los troncos o las proyecciones de las copas como interceptores de la línea. Con el desarrollo de otros métodos de cuantificación para árboles, la línea de Candfield se ha popularizado en la cuantificación de vegetación arbustiva. Este método de intercepción es un tipo de muestreo sin dimensiones. Consiste en colocar una sola línea graduada y segmentada, si se desea obtener frecuencias a lo largo del sistema que se desea caracterizar. La longitud de la línea puede variar, pero debe ser constante cuando se estén realizando las réplicas (Candfield, 1941).

Para estimar la abundancia de cada especie en la comunidad, se mide la distancia sobre la línea a la que es interceptada por cada una de las especies; y se registra el nombre de la especie. Si se desea incluir datos sobre la cobertura se puede incluir el registro de la cantidad de línea cubierta por cada individuo o su proyección de copa (Figura 1).

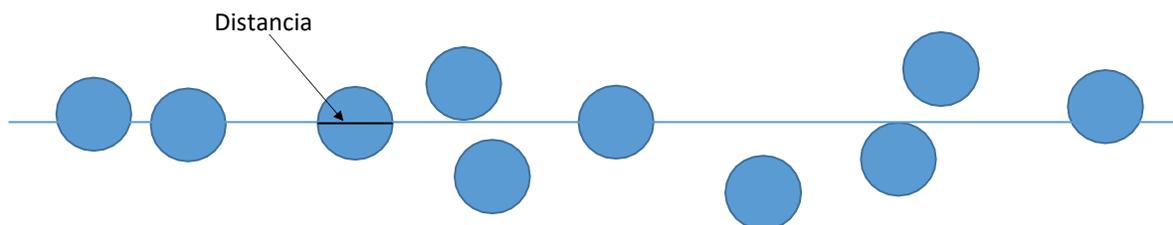


Figura 1. Ejemplo del trazado de una línea de Candfield. Se registran sólo los individuos que la línea intercepta. En caso de estimar cobertura se mide el segmento que cubre cada uno de los individuos sobre la línea.

Cuadrante centrado en un punto. Este es un método sin área, se basa en mediciones de distancia desde un punto ubicado al azar hacia el individuo más próximo a cada uno de los cuadrantes, evitando medir el mismo organismo más de una vez. Se marca un punto inicial al azar y se definen dos líneas perpendiculares de tal manera que queden definidos cuatro cuadrantes (Figura 2A). Posteriormente, se localizan los individuos más cercanos al eje de los cuadrantes (Figura 2B) y se mide la distancia, siempre en las mismas unidades que hay entre el individuo y el eje (Figura 2C).

	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	42 / 106

Esta operación se repite a lo largo de un transecto lineal. Dado que el principal objetivo de este método es dar elementos para la caracterización de la comunidad, se recomienda realizar al menos 20 réplicas de la unidad muestral por transecto y 10 transectos. Sin embargo, estas consideraciones dependen de los objetivos del muestreo y del tipo de vegetación a muestrear.

A partir de esta serie de datos se puede estimar la riqueza de especies, la densidad, la frecuencia de aparición y la densidad de individuos muestreados. No obstante, la importancia de estos datos, para el estudio de la estructura de una comunidad y sus funciones ecológicas, requieren de una métrica que indique el espacio utilizado como es el área basal. Para el cálculo de esta métrica sólo se necesita medir a cada individuo muestreado el Diámetro a la Altura del Pecho (DAP, 130 cm) (Dahdouh-Guebas y Koedam, 2006).

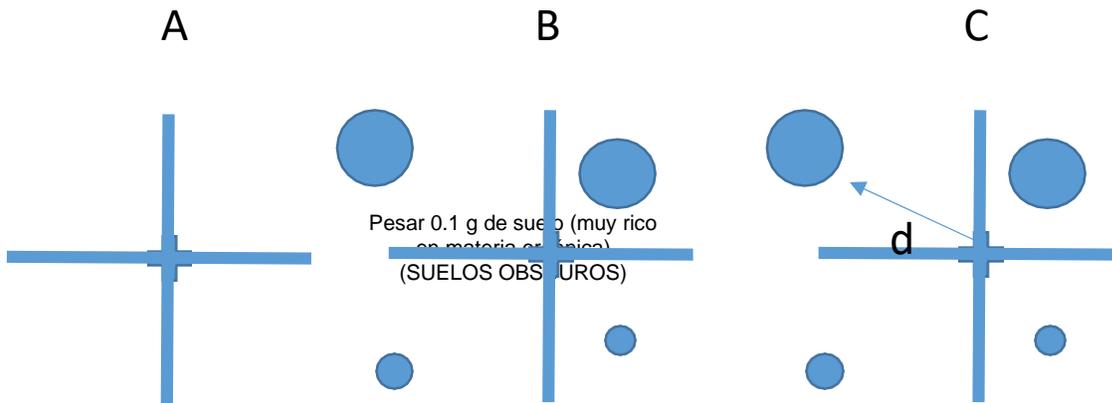


Figura 2. Pasos básicos del método cuadrante centrado en un punto. Con el apoyo de una cruz de PVC (A) se delimitan los cuadrantes, posteriormente se localizan los individuos más cercanos en cada cuadrante (B) y se mide la distancia a cada uno de éstos (C).

Como en todos los tipos de muestreo es importante mantener un registro sistemático y ordenado de cada dato. El siguiente es un ejemplo de una hoja de campo para capturar los datos del cuadrante centrado en un punto.

Transecto	Distancia a partir del inicio del transecto	Punto	Cuadrante	Especie	Distancia (cm)	DAP(cm)
1	0	1	1	Sp1	120	45
			2	Sp2	45	10
			3	Sp1	178	123
			4	Sp3	234	8
1	7m	2	1			
			2			
...



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	43 / 106

A partir de estos datos se calculan el DAP:

$$\text{Diámetro (en cm)} = \frac{\text{Perímetro}}{\pi}$$

El área basal (AB) expresada en m² es igual a:

$$AB = \frac{\pi \times (\text{Diámetro}/2)^2}{10000}$$

Donde π es igual a 3.1416

De la misma manera se puede calcular la densidad de individuos:

$$\text{Densidad} = A/D^2$$

Donde A es el área a la que se desea extrapolar el número de árboles muestreados y D es igual al promedio de la distancia medida.

La dominancia de las especies muestreadas es:

$$\text{Dominancia} = AB \times \text{Número de individuos en cada especie}$$

Donde AB es la media del área basal

Cuadrantes. Este sistema de muestreo pertenece al grupo de los métodos con área. Se usa cuando se requiere establecer un área estandarizada para la cuantificación de la vegetación y sobre todo si se desea establecer patrones de asociación entre especies. Tradicionalmente el método de cuadrante se ha utilizado para el monitoreo a largo plazo de la vegetación y las dimensiones de los cuadrantes y la forma de los mismos, son variadas y dependen de los objetivos de estudio y tipo de vegetación. Sin embargo, recientemente se ha señalado que los rectángulos proporcionan mayor información sobre la riqueza de especies y los arreglos espaciales (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974).

La densidad se obtiene a través del conteo de los individuos por unidad de área. Este parámetro es empleado para obtener datos de la distribución espacial de las plantas, a través de la asignación de coordenadas (X, Y) para cada uno de los individuos dentro del cuadrante muestreado.

Métricas de la vegetación. A partir de los datos generados por cualquiera de los métodos descritos anteriormente se pueden obtener la densidad, la frecuencia y la dominancia para cada una de las especies. Las fórmulas estandarizadas que se utilizan para conocer estos valores relativos son las siguientes (Mueller-Dombois y Ellenberg, 2002):



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	44 / 106

Densidad relativa= Número de individuos de una especie / Total de los todos los individuos de todas las especies x100

Dominancia absoluta= Media del área basal por árbol x Número de árboles de una especie.

Dominancia relativa= Dominancia de una especie/ Dominancia de todas las especies x100

Frecuencia absoluta= Número de puntos que ocurre una especie/ Total de puntos

Frecuencia relativa= Frecuencia por especie/ Suma de la frecuencia de todas las especies x 100

Valor de Importancia (V. I.)= Densidad Relativa + Dominancia Relativa + Frecuencia Relativa

El V. I., originalmente conocido como índice DFD es la suma del porcentaje de densidad, frecuencia y abundancia. Es un método efectivo para indicar la importancia relativa de cada especie en la parcela, puede estar en un rango entre 0 y 300 cuando se reporta en valores absolutos.

La cobertura indica el porcentaje de terreno ocupado por la proyección vertical de la copa de una planta y la biomasa es el peso seco o fresco del material vegetal por unidad de área. Generalmente se utilizan las partes aéreas de las plantas.

MATERIALES Y REACTIVOS

Cinta métrica de 50 m

Clave Botánica de la región estudiada.

Cruz de PVC de 30 cm

Cinta diamétrica, o Cinta métrica (sastre)

Gis forestal o pintura aerosol base agua

Libreta de campo

Rafia y estacas (si se desea marcar el sitio).

Vernier

EQUIPO

Brújula

Pistola Haga o Clinómetro

GPS

Computadora personal

SERVICIOS

Energía eléctrica Agua corriente



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	45 / 106

PROCEDIMIENTO

El estudiante previamente obtendrá información, de diversas bases de datos, del tipo de vegetación y especies vegetales que se encuentren en la zona de estudio. Ya en campo, usará el método de muestreo adecuado dependiendo de las condiciones y tipo de vegetación que se visite.

Línea de Candfield. Trazar un transecto de la longitud necesaria para el muestreo de acuerdo al tipo de vegetación. Registrar el nombre científico de cada una de las especies encontradas, así como la posición de cada individuo de las distintas especies que intercepta la línea. En el caso de árboles, registrar el DAP (Diámetro a la Altura del Pecho), es decir, el diámetro a una altura de 1.30 m; la proyección de la copa se indicará con la cantidad en cm que son interceptados por la línea.

Cuadrante centrado en un punto. Armar una cruz de PVC de 30 cm. Se traza el transecto de la longitud necesaria para el estudio. En este caso no hay una longitud determinada, pero es recomendable al menos tener trazados los primeros 20 m. Orientar el cuadrante con la línea de 20 m. Medir y registrar la distancia al individuo más cercano, dentro de un cuadrante, el DAP, la altura e indicar la especie del individuo medido. En caso de no reconocer la especie se hace la colecta de material para su herborización y posterior determinación taxonómica.

Cuadrantes. Trazar el cuadrante con apoyo de una brújula y una cuerda. Registrar los datos de la vegetación, indicando el nombre de las especies, DAP, altura de cada individuo y las coordenadas X, Y de cada individuo dentro de la parcela, es preferible marcar los individuos ya medidos dentro de la parcela, con el fin de no confundirlos.

El alumno en laboratorio o en su área de trabajo calculará las métricas desarrolladas en el marco teórico de este documento. En el análisis dará énfasis las especies con mayor índice de valor de importancia y la presencia de ruderales, arvenses y/o especies introducidas y sus posibles efectos sobre el ecosistema.

RESULTADOS

De acuerdo con los datos de área basal, frecuencia, dominancia y el IVI explicar la estructura de especies con respecto a su abundancia y relacionar las métricas de diversidad con variables de calidad del hábitat (tabla 1), destacando la importancia ecológica del sitio de estudio y el grado de conservación.

El alumno entregará un informe de esta práctica que deberá contener los siguientes apartados: título, introducción, objetivos, material y métodos, resultados, discusión, conclusión y referencias citadas de acuerdo a APA.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

Arias, S. E. J. y Chillo, V. (2017). Cambios en la diversidad funcional del sotobosque y la tasa de descomposición frente a diferentes intensidades de uso silvopastoril en el noreste de la Patagonia, Argentina. *Ecología Austral* 27:029-038.

Astudillo-Sánchez, E., Pérez, J. y Aponte, H. (2019). Composición, estructura y diversidad vegetal de la Reserva Ecológica Comunal Loma Alta, Santa Elena, Ecuador. *Revista*



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	46 / 106

Mexicana de Biodiversidad 90(2019):e902871.

Canfield, R. (1941). Application of the line interception method in sampling range vegetation. *Forestry*. 39: 388-394.

Dahdouh-Guebas, F. y Koedam, N. (2006). Empirical estimate of the reliability of the use of the Point-Centred Quarter Method (PCQM): Solutions to ambiguous field situations and description of the PCQM+ protocol. *Forest Ecology and Management*. 228:1-18.

FMCN, CONAFOR, USAID y USFS. (2018). Manual para trazar la Unidad de Muestreo en bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, BIOCUMUNI-Monitoreo Comunitario de la Biodiversidad, una guía para núcleos agrarios, Comisión Nacional Forestal-Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, México.

Greig-Smith, P. (1967). *Quantitative plant ecology* (2nd ed.). London, Butterworths

Krebs, C. J. (1989). *Ecological methodology*. New York, Harper Collins.

Mueller-Dombois, D. y Ellenberg, H. (1974). *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. New York, USA. John Wiley & Sons.

Mueller-Dombois, D. y Ellenberg, H. (2002). *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. New Jersey, USA. Blackburn Press.

Newbold, T., Hudson, L.N., Hill, S.L.L., Contu, S., Lysenko, I., Senior, R.A., Börger, L., Bennett, D.J., Choimes, A., Collen, B., Day, J., De Palma, A., Díaz, S., Echeverría-Londoño, S., Edgar, M.J., Feldman, A., Garon, M., Harrison, M.L.K., Alhusseini, T., Ingram, D.J., Itescu, Y., Kattge, J., Kemp, V., Kirkpatrick, L., Kleyer, M., Laginha, Pinto Correia, D., Martin, C.D., Meiri, S., Novosolov, M., Pan, Y., Phillips, H.R.P., Purves, D.W., Robinson, A., Simpson, J., Tuck, S.L., Weiher, E., White, H.J., Ewers, R.M., Mace, G.M., Scharlemann, J.P.W., & Purvis, A. (2015) Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. *Nature*, 520, 1045–50.

Pysek P, D Richardson, M Rejmánek, G Webster, M Williamson, J Kirschner. (2004). Alien plants in checklist and floras: Forwards better communications between taxonomist and ecologists. *Taxon* 53: 131-143.

Santibañez-Andrade, G., Castillo-Argüero, S., Martínez-Orea, Y. (2015). Evaluación del estado de conservación de la vegetación de los bosques de una cuenca heterogénea del Valle de México. *BOSQUE* 36(2): 299-313, 2015 DOI: 10.4067/S0717-92002015000200015.

Terradas, J. (2001). *Ecología de la vegetación*. Omega. Barcelona. 760 pp.



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	47 / 106

Tabla 1. Evaluación del grado de conservación de la vegetación en campo.

Evaluación del grado de conservación de la vegetación			
Clave de la unidad de muestreo:		Fecha día/mes/año:	
Nombre del evaluador:		Unidad de muestreo:	
Tipo de vegetación:		Ubicación UTM X, Y:	
Instrucciones: Marcar con una X en la columna correspondiente a los efectos del impacto y en observaciones hacer una descripción específica y clara de las evidencias de la afectación. Al final clasificar y describir el grado de conservación del sitio			
Impacto	Grado de conservación		Observaciones
	Vegetación	Suelo	
Incendios			
Huracanes			
Inundaciones			
Apertura de caminos			
Aprovechamiento forestal o tala			
Uso de suelo distinto al forestal			
Pastoreo o ramoneo			
Plagas y enfermedades			
Líneas eléctricas			
Actividades mineras			
Asentamientos humanos			
Especies invasoras			
Presencia de ganado			
Especies indicadoras de vegetación secundaria			
Grado de conservación	Descripción		
1.- Conservado (no perceptible la afectación)	Cuando aun estando presente, el daño no afecta la calidad y cantidad de los recursos forestales		
2.- Afectación menor	Cuando los efectos negativos causados a los recursos no son permanentes y se pueden recuperar sin intervención del hombre		
3.- Afectación mediana	Cuando los daños a los recursos no son permanentes pero sí se requiere de la intervención del hombre para controlar el proceso de degradación		
4.- No conservado (mayor afectación)	Impactos mayores que han afectado los recursos de tal manera que, para su recuperación, son necesarias medidas de restauración durante un tiempo considerable		
Clasificación y descripción del grado de conservación:			
*Formato modificado de: FMCN, CONAFOR, USAID y USFS (2018), "Manual para trazar la Unidad de Muestreo en bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas", BIOCOMUNI-Monitoreo Comunitario de la Biodiversidad, una guía para núcleos agrarios, Comisión Nacional Forestal-Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, México (junio2022)			



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	48 / 106

Práctica 3.2. Ecología y conservación de vertebrados mamíferos terrestres como modelo de estudio

OBJETIVOS

Registrar la riqueza específica y abundancia de la mastofauna.

Estimar la abundancia relativa de los mamíferos.

Conocer el estatus de conservación de los mamíferos.

Relacionar las métricas de diversidad y abundancia de mamíferos con la estructura de la vegetación.

FUNDAMENTO TEÓRICO

México ocupa el cuarto lugar a nivel mundial en diversidad de vertebrados terrestres (Espinosa *et al.*, 2008). Sin embargo, 443 especies de reptiles, 392 de aves, 291 de mamíferos, 204 de peces y 194 de anfibios, que representan el 27% de la riqueza total del país, se encuentran incluidas en la Norma Oficial Mexicana 059-SEMARNAT-2010 en alguna categoría de riesgo. La conservación de esta diversidad, en un territorio con una compleja fisiografía y alta variedad de climas, requiere llevar a cabo diversas estrategias de conservación.

En México existen un total de 564 especies de mamíferos, ocupando el tercer lugar a nivel mundial (Ceballos y Oliva, 2005; Sánchez-Cordero *et al.*, 2014). Como grupo tienen una amplia diversidad de gremios tróficos, además de ser una parte importante de la red trófica en cualquier ecosistema (Roemer *et al.*, 2009). Presentan ciertas características, que desde el punto de vista de la conservación las vuelven una pieza clave: 1) son altamente susceptibles a la alteración del hábitat; y 2) la reducción de éste, afecta directamente a sus poblaciones y sus funciones. La protección de sus áreas de actividad, tiene influencia directamente sobre otras especies que comparten el mismo hábitat (especies paraguas), es por esto que se les puede considerar como especies bioindicadoras (Morrison *et al.*, 2007, Martínez, 2010; Restrepo y Botero, 2012).

En la actualidad, el estudio de los mamíferos medianos y grandes se encuentra centrado en el uso de fototampas o cámaras-trampa, ya que detecta a diferentes especies tanto comunes como especies elusivas, con una casi nula perturbación sobre el individuo estudiado (Bridges y Noss, 2011). El uso de fototampas es particularmente importante en el estudio de las especies, ya que ha mejorado el entendimiento de relaciones ecológicas y dinámica de poblaciones, inclusive para especies cuya captura o colecta está restringida o prohibida (Díaz-Pulido y Payán, 2012). Es una herramienta que presenta múltiples ventajas, tales como una alta fiabilidad sin ser invasiva, un bajo costo, dinamismo en el monitoreo simultáneo de áreas por un mayor tiempo continuo con mínimo esfuerzo, detección de especies crípticas y la precisión e identificación en la confirmación de especies cuyas huellas no se diferencian (Botello *et al.*, 2007). También permite realizar estudios poblacionales, y evaluar patrones de actividad (Maffei *et al.*, 2002). El análisis de la abundancia relativa como indicador de la situación poblacional, al igual que el patrón de actividad pueden ayudar a proponer estrategias



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	49 / 106

para la conservación de las especies (Walker et al. 2000).

Al término de la práctica el alumno aprenderá a elegir aplicar y ejecutar los métodos de muestreo para mamíferos u otros vertebrados que sean detectables con uso de fototrapas y uso de bases de datos, las cuales le permitirán reconocer el grado de conservación de las especies, con base en la riqueza, diversidad y endemismos.

MATERIAL Y REACTIVOS

Mapas de vegetación y uso de suelo, hidrológico, edafológico

Vernier de plástico

Claves de campo para identificación de mamíferos

EQUIPO

1 GPS por equipo

1 Computadora por equipo

2 Fototrapas, por equipo

SERVICIOS

Agua

Energía eléctrica

PROCEDIMIENTO

Previo al inicio del trabajo de campo se recomienda realizar pruebas del funcionamiento de las cámaras. Estas pruebas consisten en verificar que el sistema eléctrico de la cámara no presente fallas (revisión con baterías), que el sensor de movimiento se active adecuadamente, que el sistema infrarrojo responda como es esperado y que el sistema de almacenamiento de imágenes y de registro de información de cada fotografía corresponda a lo programado. Cuando todos los componentes mencionados anteriormente funcionen durante la revisión de las fotos de prueba, se debe corroborar que éstas tengan buena iluminación y con la información asociada (fecha y hora) correctas.

Se recomienda hacer una revisión previa de mapas de vegetación y uso de suelo, asentamientos humanos, carreteras y altitud (preferentemente a escala 1:50,000), para obtener una visualización del área propuesta y del entorno general del sitio a trabajar, reconocer el tipo de vegetación y uso del suelo que será corroborado en campo complementando la información con los resultados obtenidos en la práctica 3.1 "Caracterización de comunidades vegetales y su grado de conservación". Asimismo, es indispensable una recopilación bibliográfica y museográfica de la mastofauna presente en el área de estudio.



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	50 / 106

Con la finalidad de facilitar la sistematización para su posible inclusión en colecciones científicas, se recomienda generar fichas digitales con el formato propuesto por Botello y colaboradores (2007), que incluye los siguientes datos: nombre de la especie, sexo (de ser posible), localización geográfica, altitud, clima, vegetación, nombre de municipio, fecha y hora, nombre del fotocolector(es), número de catálogo de colector, película (ISO, tipo, marca, o píxeles de la cámara digital), laboratorio(s) y/o institución(es) responsable(s).

Métodos directos de muestreo para mamíferos grandes y medianos.

El muestreo se realizará con la colocación de 5 estaciones de fototrampeo que se instalarán sobre veredas naturales, cañadas, arroyos secos y márgenes de río o veredas hechas por el hombre, separadas a una distancia de 0.5 km en 4 transectos aleatorios de aproximadamente 2.5 km de longitud cada uno. Las fototampas estarán fijas durante dos días y noches consecutivas (duración de la práctica integrativa). Se programarán para funcionar las 24 horas del día, tomando tres fotografías por captura con un intervalo entre toma de 1 minuto y en caso de tener la función, un video de 10 segundos. El cálculo del esfuerzo de muestreo se obtendrá multiplicando el número total de cámaras trampa por el total de días de muestreo. El siguiente formato es un ejemplo de cómo registrar los datos del fototrampeo para su posterior análisis.

Hoja de registro de fototrampeo									
ID	Sitio	ID Cámara	Ubicación UTM		Fecha	Hora de registro (formato 24 hrs.)	Especie	Actividad	Gremio Alimenticio
			X	Y					

Métodos indirectos de muestreo para mamíferos grandes y medianos

Se realizarán búsquedas de huellas, rastros y otras evidencias de la presencia de mamíferos como madrigueras, pelos de guardia y cadáveres a través de transectos, siguiendo los senderos en el interior de los hábitats. La longitud de los transectos varía de acuerdo al tamaño de la especie, pero para propósitos de la práctica la longitud se será aproximada de 2 km (Conner *et al.*, 1983; Linhart y Knowlton, 1975; Stephens *et al.*, 2006).

También se colocarán 5 estaciones olfativas a lo largo de un transecto de 1 km separadas cada 200 m (la separación entre transectos y establecimiento de estaciones olfativas depende de la especie blanco). Las huellas y excretas encontradas se identificarán con ayuda de la guía de campo de Aranda (2012).

Descriptores ecológicos

La representatividad del muestreo se evaluará estimando la riqueza promedio con el estimador no paramétrico Jack-knife 1, el cual se considera apropiado para organismos móviles (Estrada-Villegas *et al.*, 2010; Colwell *et al.*, 2012). Estas estimaciones se harán con el programa EstimateS 9.1.0 (Colwell *et al.*, 2012).



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	51 / 106

La abundancia relativa se cuantificará mediante el número de rastros/km recorrido por 100 (Wilson y Delahay, 2001). El índice de población obtenido del uso de las estaciones olfativas se estimará calculando el número de estaciones con registros divididos por el número de estaciones en operación multiplicada por 100.

Índice de Simpson

Es un 'Índice de Dominancia' que toma en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies. Muestra la probabilidad de que dos individuos sacados al azar de una muestra correspondan a la misma especie. Este índice adquiere valores entre 0 a 1, donde los valores bajos denotan alta diversidad (Moreno, 2001).

$$S = 1 / \sum \left(\frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \right)$$

S= índice de Simpson

ni = número total de especímenes en la i-ésima especie, y

N = número total de individuos.

Índice de Diversidad de Margalef

Relaciona el número de especies de acuerdo con el número total de individuos. Valores del índice de Margalef inferiores a 2.00 son considerados como de baja diversidad y valores superiores a 5.00 son considerados como indicativos de alta diversidad (Moreno, 2001).

$$DMg = S - 1 \ln N$$

Dónde:

S = número de especies, y

N = número total de especímenes

Índice de Shannon-Wiener

Asume que todas las especies están representadas en las muestras; indica qué tan uniformes están representadas las especies (en abundancia) teniendo en cuenta todas las especies muestreadas. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos. Usualmente, los valores van de 1.5 a 3.5, rara vez sobrepasa valores de 4.5 (Moreno, 2001).

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

Dónde: pi = proporción de individuos en la i-ésima especie

También se calcularán la diversidad máxima (H'max) y la equitatividad (J) (Pielou, 1969).

$$H'max = \ln (S)$$



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	52 / 106

$$J = H'/H'max$$

Dónde: S = número total de especies

Para evaluar los cambios en la estructura de la comunidad de mamíferos se utilizará: la riqueza de especies y la diversidad de gremios tróficos y abundancias relativas. El estudio de éstas características proporciona información sobre el estado de conservación del ecosistema, y la forma en que las especies hacen uso de los recursos, incluso a través del tiempo (Pérez-Irineo y Santos-Moreno, 2013, Serna-Lagunes, *et al.*, 2019).

RESULTADOS

De acuerdo con los estudios de diversidad alfa, explicar la dominancia de especies con respecto a su abundancia y relacionar las métricas de diversidad con variables de calidad del hábitat, destacando la importancia ecológica del sitio de estudio.

El alumno entregará un informe de esta práctica que deberá contener los siguientes apartados: título, introducción, objetivos, material y métodos, resultados, discusión, conclusión y referencias citadas de acuerdo a APA.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

Aranda, M. (2012). Manual de rastreo de mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la biodiversidad (Conabio). Ciudad de México, México.

Bridges, A.S., Noss, A.J. (2011). Behavior and Activity Patterns. **In:** O'Connell A.F., Nichols J.D., Karanth K.U. (eds) Camera Traps in Animal Ecology. Springer, Tokyo.

Briones-Salas, M. A. y Sánchez-Cordero, V. (2004). Mamíferos. **En:** García-Mendoza A. J., Ordóñez M. J. y Briones-Salas M. A. (Editores). Biodiversidad de Oaxaca. México. Instituto de Biología, UNAM p. 423-447.

Ceballos, G. y Oliva, G. (2005). Los mamíferos silvestres de México. México. Conabio. Fondo de Cultura Económica.

Colwell, R. K., Chao, A., Gotelli, N. J., Lin, S., Mao, C. X., Chazdon, R. L. and Longino, J. T. (2012). Models and estimators linking individual-based and sample based rarefaction, extrapolation, and comparison of assemblages. *Journal of Plant Ecology* 5: 3-21.

Conner, M. C., Labisky, R. F. y Progulsk, D. R. (1983). Scent-station indices as measures of population abundance for bobcats, raccoons, gray foxes, and opossums. *Wildlife Society Bulletin* 11:146-152.

Cruz, P., Lezzi, M. E., De Angelo, C., Varela, D., Di Bitetti, M. S. and Paviolo, A. (2018). Effects of human impacts on habitat use, activity patterns and ecological relationships among medium and small felids of the Atlantic Forest. *PLoS ONE* 13(8): 1-21.

Díaz-Pulido, A. P. y Payán, E. (2012). Manual de fototrampeo: una herramienta de investigación para la conservación de la biodiversidad en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Panthera Colombia.



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	53 / 106

Estrada-Villegas, S., Pérez-Torres, J. Y. y Stevenson, P. R. (2010). Ensamblaje de murciélagos en un bosque sub-andino colombiano y análisis sobre la dieta de algunas especies. *Mastozoología Neotropical* 17(1): 31-41.

Linhart, S. B. y Knowlton, F. F. (1975). Determining the relative abundance of coyotes by scent station lines. *Wildlife Society Bulletin* 3:119–124.

Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.

Morrison, J. C., Sechrest, W., Dinerstein, E., Wilcove, D. S. y Lamoreux, J. F. (2007). Persistence of large mammal faunas as indicators of global human impacts. *Journal of Mammalogy* 88: 1363-1380.

Pérez-Irineo, G. y Santos-Moreno, A. (2013). Riqueza de especies y gremios tróficos de mamíferos carnívoros en una selva alta del sureste de México. *THERYA*, Vol.4(3):551-564 DOI: 10.12933/therya-13-157.

Ponce-Guevara, E., Pelz-Serrano, K. y López-González, C. A. (2005). Coyote abundance in relation to the habitat characteristics in Sierra San Luis, Sonora, Mexico. In: G.J. Gottfried B. S. Gebow L. G. Eskew y C. Edminster (eds). *Connecting mountain islands and desert seas: biodiversity and management of the Madrean Archipelago II*. 2004 May 11–15; Tucson, Arizona. Proceedings RMRS–P–36. U. S. Forest Service. Fort Collins, Colorado: US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station p. 337–340.

Roemer, G. W., Gompper, M. E. y Van Valkenburgh, B. (2009). The ecological role of the mammalian mesocarnivore. *BioScience* 5: 165-173.

Rowcliffe, J. M., Kays, R., Kranstauber, B., Carbone, C. y Jansen, P. A. (2014). Quantifying levels of animal activity using camera trap data. *Methods in Ecology and Evolution* 5: 1170-1179.

Sánchez-Cordero, V., Botello, F., Flores-Martínez, J. J., Gómez-Rodríguez, R. A., Guevara, L., Gutiérrez-Granados, G. y Rodríguez-Moreno, Á. (2014). Biodiversidad de Chordata (Mammalia) en México. *Revista mexicana de biodiversidad* 85: 496–504.

Serna-Lagunes, R., Hernández-García, N. L., Álvarez-Oseguera, R., Llarena-Hernández, C., Alavéz-Martínez, N., Vivas-Lindo, R. y Núñez-Pastrana, R. (2019). Diversidad de mamíferos medianos en el Parque Nacional Pico de Orizaba. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, vol. 6, núm. 18, pp. 423-434.

Stephens, P. A., Zaumyslova, O. Y., Miquelle, D. G., Myslenkov, A. I. y Hayward, G. D. (2006). Estimating population density from indirect sign: track counts and the Formozov–Malyshev–Pereleshin formula. *Animal Conservation* 9:339–348.

Wilson, G. J. y Delahay, R. J. (2001). A review of methods to estimate the abundance of terrestrial carnivores using field signs and observation. *Wildlife Research* 28:151–164



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	54 / 106

Unidad 4. Calidad del ambiente



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	55 / 106

Práctica 4.1. Índices de calidad del suelo. Métodos de muestreo e indicadores de calidad (suelo y agua)

OBJETIVOS

Aplicar los procedimientos analíticos para la toma de muestras y las determinaciones cualitativas en suelo.

Comparar los resultados obtenidos con la normatividad nacional vigente para obtener el diagnóstico de la calidad del suelo.

FUNDAMENTO TEÓRICO

La calidad y la salud del suelo son conceptos equivalentes, no siempre considerados sinónimos (Doran y Parkin, 1994). La calidad debe interpretarse como la utilidad para un propósito específico en una escala amplia de tiempo (Carter *et al.*, 1997). El estado de las propiedades dinámicas del suelo como contenido de materia orgánica, diversidad de organismos, o productos microbianos en un tiempo particular constituye la salud del suelo (Romig *et al.*, 1995).

La preocupación por la calidad del suelo no es nueva (Lowdermilk, 1953; Doran *et al.*, 1996; Karlen *et al.*, 1997). En el pasado, este concepto fue equiparado con el de productividad agrícola por la poca diferenciación que se hacía entre tierras y suelo. Posteriormente, el término se empezó a acotar al reconocer las funciones del suelo: (1) promover la productividad del sistema sin perder sus propiedades físicas, químicas y biológicas (productividad biológica sostenible); (2) atenuar contaminantes ambientales y patógenos (calidad ambiental); y (3) favorecer la salud de plantas, animales y humanos (Doran y Parkin, 1994; Karlen *et al.*, 1997). Al desarrollar este concepto, también se ha considerado que el suelo es el sustrato básico para las plantas; capta, retiene y emite agua; y es un filtro ambiental efectivo (Larson y Pierce, 1991; Buol, 1995). En consecuencia, este concepto refleja su capacidad para funcionar dentro de los límites del ecosistema del cual forma parte y con el que interactúa (Parr *et al.*, 1992).

Para Gregorich y colaboradores (1994) la calidad de suelo es una medida de su capacidad para funcionar adecuadamente con relación a un uso específico. Arshad y Coen (1992) le dieron a este concepto una connotación más ecológica; la definieron como su capacidad para aceptar, almacenar y reciclar agua, minerales y energía para la producción de cultivos, preservando un ambiente sano.

Una década después se menciona que la calidad del suelo se basa en su multifuncionalidad y no sólo en un uso específico, pero este concepto continúa evolucionando. Estas definiciones fueron sintetizadas por el Comité para la Salud del Suelo de la *Soil Science Society of America*; Karlen y colaboradores (1997), la definen como la capacidad para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o manejado, sostener la productividad de plantas y animales, mantener o mejorar la calidad del aire y del agua, y sostener la salud humana y el hábitat. Los indicadores de la calidad de suelo se conciben como una herramienta de medición que debe ofrecer información sobre las propiedades, los procesos y las características. Estos se miden para dar seguimiento a los efectos del manejo



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	56 / 106

sobre el funcionamiento del suelo en un periodo dado (García, *et al.* 2012). Por lo tanto, el estudio de este sistema complejo requiere de la identificación efectiva de indicadores físicos, químicos y biológicos, o los procesos que ocurren en él, apropiados según el objetivo del estudio (Doran *et al.*, 1996; Toledo, *et al.*, 2018).

Textura y niveles de agregación *in situ*

La textura del suelo se describe con una clase textural, y se refiere a la porción relativa de las clases de tamaño de partículas (arenas, limos, arcillas) en un volumen de suelo dado (Siebe y Syahr, 2016), estas partículas al unirse forman agregaciones, éstos agregados se pueden observar a nivel macromorfológico directamente en el campo.

Para identificar la influencia de la textura en los procesos ambientales es necesario conocer los tipos de textura y la cantidad presente. Las técnicas que se han propuesto consisten en identificar las características físicas según el tamaño de la partícula (Cuadro 1) (Cuanalo de la Cerda, 1981, Siebe *et al.*, 1996, FAO 2009).

Cuadro 1. Influencia y características generales de la textura del suelo.

Propiedad	Arena	Limo	Arcilla
*Rango de diámetro de la partícula (mm)	2.0-0.05	0.05-0.002	>0.002
Medio de observación	Siempre vista	microscopio	Microscopio electrónico
Minerales dominantes	Primarios	Primarios y secundarios	Secundarios
Atracción de partículas por el agua	Baja	Media	Alta
Capacidad para sostener nutrientes o contaminantes	Muy baja	Baja	Alta
Capacidad de retención de agua	Baja	Media a alta	alta
Tasa de drenaje	Alta	Baja a media	Muy baja
Consistencia en húmedo	Arenoso, suelto	suave	Pegajoso, maleable
Consistencia en seco	Muy arenoso	Polvoriento	Agregados duros
Susceptibilidad a la erosión eólica	Moderada en arena fina	Alta	Baja
Susceptibilidad a la erosión hídrica	Baja (menos en arena fina)	Alta	Baja en agregados

*Soil taxonomy; Schaetzl R. y Anderson S., 2005.

Estructura del suelo

La estructura se refiere a la disposición y arreglo de las partículas del suelo (arena, limo, arcilla) en agregados naturales llamados *peds*. Los agregados formados por laboreo u otras prácticas inducidas por el hombre se denominan terrones. Los peds deben estar unido por



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	57 / 106

algún tipo de agente vinculante como la materia orgánica, exudados de la biota, enlaces químicos en las arcillas y distintas sales (Schaetzl R. y Anderson S., 2005).

pH del suelo

El suelo actúa como un sistema depurador capaz de impedir la movilidad de diversos contaminantes, que determina en gran medida la calidad de los sistemas con los que se relaciona, como el agua y la biosfera. Cada tipo de suelo tiene una capacidad de depuración que depende de sus propiedades como textura, pH, contenido de materia orgánica, capacidad de intercambio iónico, contenido de óxidos y contenido de carbonatos. Cuando se alcanza ese límite el suelo deja de ser eficaz e incluso puede funcionar como “fuente” de sustancias tóxicas tanto para los organismos que viven en él como para los sistemas con los que se relaciona. La carga crítica representa la cantidad máxima de un determinado componente que puede ser aportado a un suelo sin que se produzcan efectos nocivos sobre la estructura y funcionamiento del ecosistema.

Las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo están influenciadas por la acidez o basicidad del medio, que a su vez condicionan su uso agronómico. Así, la mayoría de las plantas prefieren rangos de pH entre 5.5 a 7.5, pero algunas especies prefieren suelos ácidos o alcalinos (Figura 1). Sin embargo, cada planta necesita un rango específico de pH, en el que pueda expresar mejor su potencial de crecimiento (Porta *et al.*, 1999; Infoagro, 2017).

Del pH también dependen los procesos de humificación. En función de este, se producen distintos tipos de materia orgánica del suelo y las propiedades que influyen directamente sobre el crecimiento vegetal como el movimiento y la disponibilidad de los nutrientes o los procesos de intercambio catiónico. Así mismo, influye sobre la movilidad de diferentes elementos del suelo, en unos casos disminuirá la solubilidad, por lo que las plantas no podrán absorberlos; en otros el aumento de la solubilidad hará que para determinados elementos sea máxima, por ejemplo, cuando hay fuerte acidez se solubiliza el aluminio el cual alcanza niveles tóxicos.

Cada planta necesita elementos en diferentes cantidades, razón por la que cada una requiere un rango particular de pH, para optimizar su crecimiento. Por ejemplo, el hierro, el cobre y el manganeso no son solubles en un medio alcalino, esto significa que las plantas que necesitan estos elementos deberían teóricamente estar en un tipo de suelo ácido (Figura 2). El nitrógeno, el fósforo, el potasio y el azufre, por otro lado, están disponibles en un rango de pH cercano a la neutralidad (Porta *et al.*, 1999; Infoagro, 2017).

	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	58 / 106

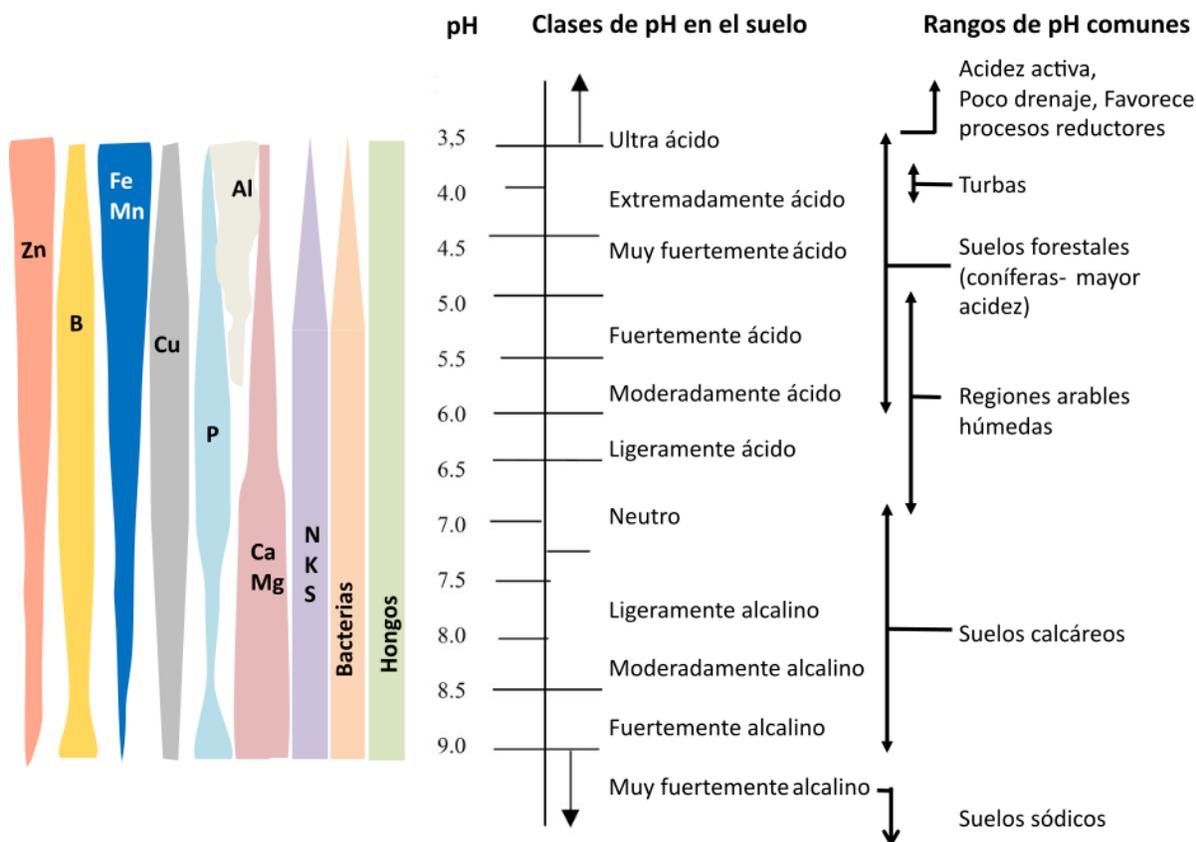


Figura 1. Escala de pH comparada con la acidez y alcalinidad del suelo, la relación del pH con la disponibilidad de nutrientes y rangos típicos de pH para algunos tipos de suelo (Modificado de Vogt G., *et al.*, 2015; Brady 2017)

La génesis del suelo se ve influenciada por la acidez o alcalinidad de su solución. Al aumentar la acidez, la flora bacteriana se ve desplazada por el predominio de hongos, con lo que la nitrificación y otros procesos dependientes de la actividad bacteriana se verán afectados. Por tanto, en condiciones de fuerte acidez, la fijación del nitrógeno y la mineralización de residuos vegetales se reduce. Las plantas absorben los nutrientes disueltos en el agua del suelo y la solubilidad de ellos depende en gran medida del valor de pH (Figura 2).

	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	59 / 106

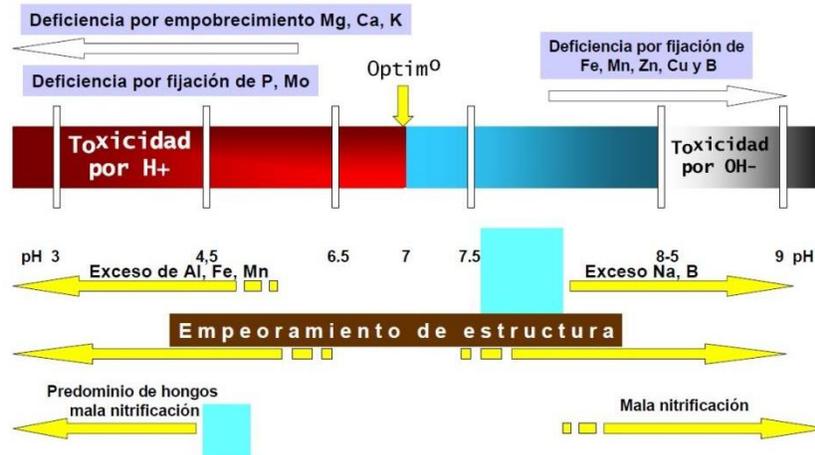


Figura 2. Daños por reacción del suelo (Tomado de Infoagro, 2017).

Gestión de suelos ácidos. Hay varios factores que influyen sobre la acidez de los suelos, el calcio, el magnesio y el potasio, se eliminan a través de erosión y lixiviación. La utilización de fertilizantes acidificantes incrementa los niveles de acidez. Por ejemplo, la conversión de los fertilizantes amónicos a nitratos ocasiona la formación de suelos ácidos, por ello, es importante emplear fertilizantes que no la aumenten, tales como urea, nitrato de calcio, nitrato de amonio y superfosfato o que reduzca la alcalinidad como el sulfato de amonio. Sin embargo, el pH del suelo puede ajustarse mediante la aplicación de enmiendas. En suelos ácidos se pueden emplear sustancias correctoras como cal, dolomítica, piedra caliza y marga, según la naturaleza de éste, que tienen la capacidad de neutralizar los ácidos del suelo (Porta, *et al.*, 1999; Infoagro, 2017).

Gestión de suelos básicos. Los niveles altos de pH en los suelos pueden depender de diferentes elementos, por lo que hay diversos métodos para su corrección. En suelos calcáreos se recomienda añadir materiales orgánicos y en los alcalino-salinos, la alcalinidad se debe a la presencia de sales de sodio. Y en estos casos, se recomienda añadir sustancias como yeso (sulfato de calcio), sulfuro u otros sulfúricos.

La medida del pH del suelo en agua es una determinación sencilla, pero de gran valor, pues sirve como criterio para decidir la necesidad de otros análisis y las técnicas a utilizar. Sin embargo, también se puede medir con KCl 1N ó CaCl₂ 0.05M por medio de los cuales indican el grado de saturación del complejo de cambio; al realizarlo con NaF es útil para detectar la presencia de compuestos amorfos en posibles horizontes espódicos o en andosoles (Porta, *et al.*, 1999; Infoagro, 2017).

La actividad de los iones H⁺ se mide en dos formas (ASTM D1498-00, 2000):

Activa, los H⁺ actúan directamente sobre el sistema radicular y en la dinámica de los elementos nutrimentales en los suelos.

Potencial, depende del % de saturación de bases del suelo y se mide en soluciones extractoras como el KCl 1N o CaCl₂, 0.05M.



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	60 / 106

Actividad Microbiana en el Suelo

La biomasa microbiana es el componente funcional de la microbiota del suelo, responsable de la descomposición y reconversión de la materia orgánica (MO), y de la transformación de nutrientes; definiéndose como una de las partes vivas de la materia orgánica del suelo (MOS; Narváez, *et al.*, 2017). Los microorganismos son esenciales para realizar las múltiples funciones del suelo, participan en casi todas las reacciones metabólicas conocidas y constituyen las fuerzas motrices del suministro de energía y nutrientes, así mismo responden rápidamente a los cambios del ambiente. De tal manera que medición de la descomposición o mineralización de la MOS como el consumo de O₂ o el desprendimiento de CO₂ y su determinación en condiciones controladas de laboratorio, se conoce con el nombre de actividad microbiana o respiración basal y es el mejor indicador de la actividad metabólica global de las comunidades microbianas del suelo (Paolini, 2017). Resultando ser un buen indicador de la dinámica del suelo y de la salud del recurso, pues una buena actividad microbiana puede ser el reflejo de óptimas condiciones físicas y químicas que permitan el desarrollo de los procesos metabólicos de bacterias, hongos, algas y actinomicetos y de su acción sobre los substratos orgánicos (Mora, *et al.*, 2019).

Materia orgánica del suelo

La materia orgánica del suelo se considera como el indicador más significativo de su calidad. Ésta es fundamental para mantener la estructura, retener el agua necesaria y actuar como reserva nutritiva. Ciertos usos del suelo pueden disminuir de forma drástica el contenido de materia orgánica. Las causas principales que desencadenan este proceso son la agricultura intensiva y la quema de los residuos de las cosechas *in situ* (Santibáñez, 2002). La materia orgánica del suelo proviene de la raíz, residuos de plantas y organismos vivos o muertos; como residuos de cosechas o de plantas silvestres, está constituida por varias sustancias como las proteínas, ceras, ligninas y grasas.

La materia orgánica se ha denominado la “sangre vital del suelo”. Tiene un impacto sumamente importante sobre sus propiedades químicas, físicas y biológicas, como son: a) velocidad de infiltración del agua, b) estructura, c) aireación de las raíces, d) capacidad de campo, e) humedad aprovechable, f) microorganismos y, g) capacidad de fijación de nutrientes. La descomposición de estos restos y residuos metabólicos da origen a lo que se denomina humus, su composición es un complejo de macromoléculas en estado coloidal constituido por proteínas, azúcares, ácidos orgánicos, minerales, entre otros, en constante estado de degradación y síntesis. El humus, es importante para la fertilidad, conservación y presencia de vida en los suelos. A su vez, la descomposición del humus en mayor o menor grado produce una serie de productos coloidales que, en unión con los minerales arcillosos, originan los complejos órgano-minerales, cuya aglutinación determina textura y estructura de un suelo. Estos coloides existentes presentan además carga negativa, hecho que les permite absorber como cationes H⁺ y cationes metálicos (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺) e intercambiarlos en todo momento de forma reversible; debido a este hecho, los coloides también reciben el nombre de complejo absorbente.



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	61 / 106

MATERIAL Y REACTIVOS

pH

- 1 charola o contenedor de plástico
- 8 vasos de precipitados de 50 mL
- 4 vasos de precipitados de 250 mL
- Papel filtro de poro fino
- 1 piseta
- 3 probetas de 50 mL Cloruro de Potasio 1N Cloruro de Calcio 0.05M
- Soluciones buffer pH 4, pH 7. pH 10 1 L de agua destilada

EQUIPO

- Agitador mecánico
- Potenciómetro
- Balanza granataria

MATERIAL Y REACTIVOS

Materia orgánica

- Matraces Erlenmeyer de 500 mL (1 por muestra)
- 2 matraces aforado de 1L
- 2 buretas de 50 mL
- Vaso de precipitados de 100 mL
- Embudo de vidrio tallo corto
- Soporte universal
- Pinzas para bureta
- Pipeta volumétrica 10mL
- Pipeta graduada de 5mL
- Probeta de vidrio 25mL
- Probeta de vidrio de 100 mL
- Dicromato de Potasio ($K_2 Cr_2 O_7$)
- Ácido Sulfúrico concentrado ($H_2 SO_4$)
- Ácido Fosfórico concentrado ($H_3 PO_4$)
- Difenilamina ($C_{12}H_{11}N$)



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	62 / 106

Sulfato Ferroso heptahidratado ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)

EQUIPO

Cronómetro

Balanza analítica

SERVICIOS

Agua

Electricidad

Sistema de extracción

PROCEDIMIENTO

Por equipo se revisará la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudios, muestreo y análisis (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2002).

pH

La determinación se realizará de acuerdo al diagrama de flujo de la Figura 3.

Preparación de reactivos para materia orgánica

Los reactivos que a continuación se mencionan deben ser grado analítico. **Preparar solamente la cantidad que se requiere para el procedimiento con respecto al número de muestras, hacer los cálculos correspondientes.**

Dicromato de Potasio 1N. Disolver 49.03 g de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ en agua destilada aforar a 1000 mL en un matraz volumétrico.

Ácido Sulfúrico concentrado (H_2SO_4).

Ácido Fosfórico concentrado (H_3PO_4).

Indicador de difenilamina. Disolver 0.5 g de difenilamina en 20 mL de agua y añadir 100 mL de Ácido Sulfúrico concentrado.

Sulfato ferroso 05 N. Disolver 139 g de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ en agua a la que previamente se le añadieron 80 mL de H_2SO_4 concentrado, enfriar y diluir a un litro. Esta solución debe ser valorada con $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 1 N antes de realizar la determinación.

Nota: preparar solo la cantidad en función del número de muestras a trabajar. (Realizar los cálculos correspondientes).

La determinación se realizará de acuerdo con el diagrama de flujo de la Figura 3.

	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	63 / 106

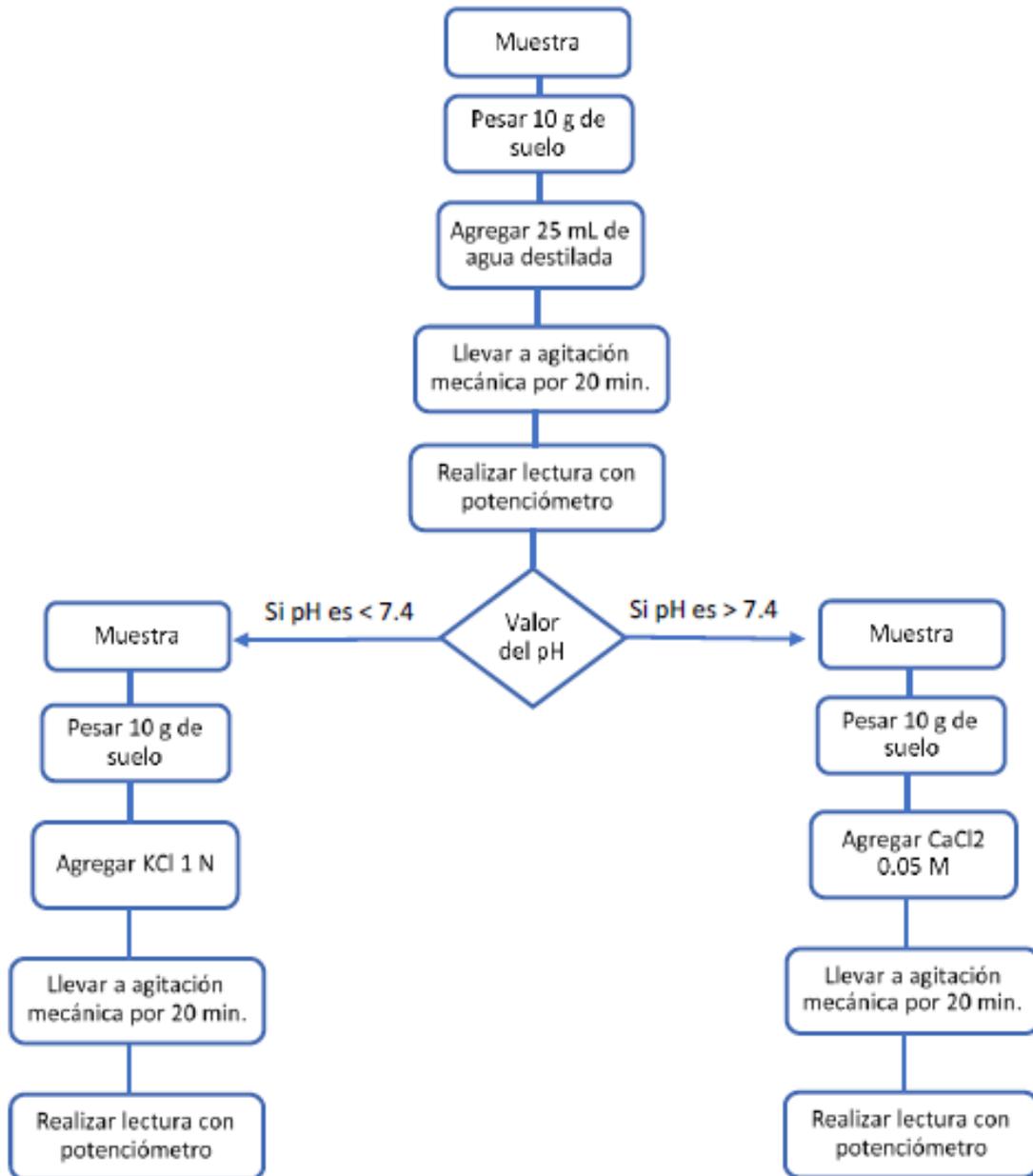


Figura 3. Procedimiento para la determinación de tipos de pH.

	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	64 / 106

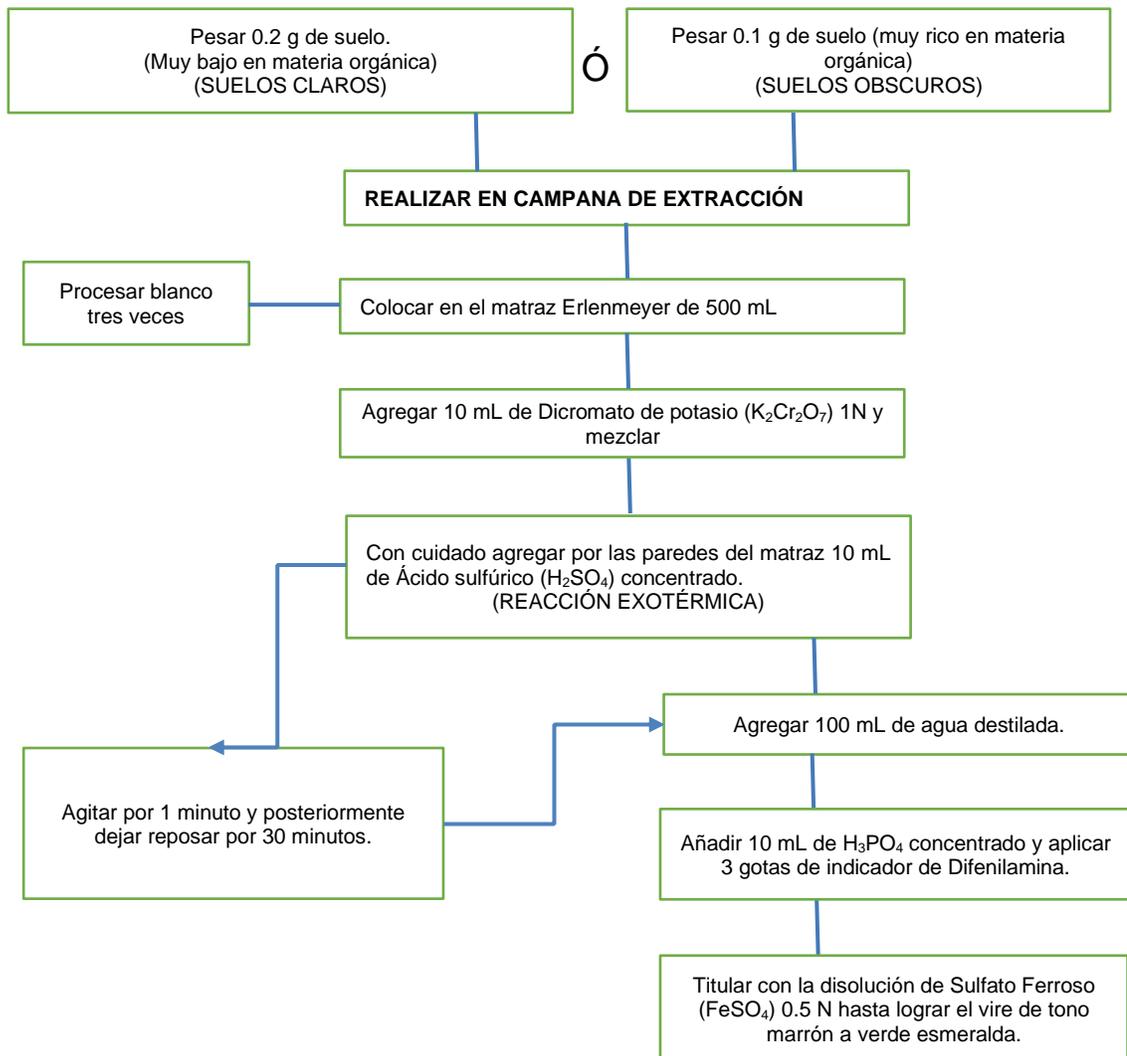


Figura 4 Procedimiento para la determinación de materia orgánica

El porcentaje de materia orgánica se calculará con la siguiente fórmula:

$$M.O. (\%) = \frac{5 - (mL \text{ de } FeSO_4 \times N \times F.C.)}{g \text{ de muestra}} \times 0.69$$



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	65 / 106

$$F.C. = \frac{10}{mL \text{ de } FeSO_4 \text{ gastado en el blanco}}$$

Donde:

10 = mL de dicromato de potasio

N = Normalidad del sulfato ferroso

F.C. = Factor de corrección

0.69 = Constante

El porcentaje de carbón orgánico se realizará de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\% C \text{ orgánico} = \left(\frac{B-T}{g}\right) (N)(0.39)(mcf)$$

Donde:

B = Volumen de sulfato ferroso gastado para valorar el blanco de reactivos (mL). T =

Volumen de sulfato ferroso gastado para valorar la muestra (mL).

N = Normalidad del sulfato ferroso (valorar por separado al momento de analizar las muestras)

g = Peso de la muestra empleada (g). mcf = Factor de corrección de humedad

Los valores de referencia para clasificar la concentración de materia orgánica en los suelos minerales y volcánicos se presentan en la Cuadro 2.

Cuadro 2. Porcentaje de materia orgánica en suelos volcánicos y no volcánicos (NOM-021-RECNAT-2000)

Clase	Materia orgánica (%)	
	Suelos volcánicos	Suelos no volcánicos
Muy bajo	< 4.0	< 0.5
Bajo	4.1- 6.0	0.6 – 1.5
Medio	6.1- 10.9	1.6 - .3.5
Alto	11.0 -16.0	3.6 -6.0
Muy alto	>16.1	> 6.0

RESULTADOS

El alumno entregará un informe de esta práctica que deberá contener los siguientes apartados: título, introducción, objetivos, material y métodos, resultados, discusión, conclusión y referencias citadas de acuerdo con APA.

Textura

La textura se determinará en campo con la siguiente guía (Cuadro 3):



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	66 / 106

Cuadro 3. Guía para la determinación textural (tomado de Siebe y Stahr, 2016)

No.	Características	Número a seguir	Tipo de textura	Clave	~% arcilla
1	Intentar formar con la muestra un rollito del grosor de un lápiz				
	a) moldeable	4			
	b) no moldeable	2			
2	Palpar la consistencia entre los dedos índice y pulgar				
	a) adhesiva, se adhiere ligeramente al dedo		Franco arenosa	FA	< 10
	b) no adhesiva, no moldeable	3			
3	Frotar la muestra entre las palmas de las manos				
	a) consistencia muy harinosa, no se perciben granos de arena		Limosa	L	< 12
	b) consistencia muy harinosa y se perciben granos de arena, la muestra es ligeramente abrasiva (< 50% arena)		Franco limosa gruesa	FLg	10-27
	d) muy arenosa y abrasiva (>50-85% arena), queda material fino en las líneas de la palma		Francosa	AF	< 12
	d) muy arenosa y abrasiva (> 85% arena), no queda material fino en las líneas de la palma		Arenosa	A	< 5
4	Intentar moldear un rollo del grosor de una aguja para tejer gruesa				
	a) moldeable, superficie opaca, consistencia harinosa o seca (como el pinole)	5			
	b) moldeable, consistencia plástica, pegajosa	6			
	c) no moldeable, se adhiere al dedo, se perciben granos de arena y la muestra se siente abrasiva (> 46% arena)		Franco arcillo-arenosa	FYA	20-35
5	Evaluar la consistencia				
	a) adhesiva, harinosa o seca, se agrieta fácilmente al presionar		Franco limosa fina	FLf	< 10



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	67 / 106

No.	Características	Número a seguir	Tipo de textura	Clave	~% arcilla
	b) ligeramente harinosa, casi no se agrieta, muy moldeable		Franco arcillo-limosa	FYL	25-40
	c) la muestra se siente abrasiva, se agrieta al presionar		Franca	F	8-27
6	Evaluar la superficie de la muestra después de friccionarla con la uña del dedo				
	a) superficie opaca o con brillo tenue, casi no se perciben granos de arena, la muestra no se siente abrasiva		Franco arcillosa	FY	25-45
	b) superficie opaca a ligeramente brillante, granos de arena perceptibles, muestra ligeramente abrasiva		Arcillo arenosa	YA	35-55
	c) superficie brillante	7			
7	Hacer una pequeña oquedad en la muestra, poner unas gotas de agua y frotar la superficie de la oquedad con el pulgar				
	a) se siente jabonosa y se logra separar una porción importante de partículas limosas		Arcillo limosa	YL	40-60
	b) poco jabonosa, la muestra tiene consistencia de mantequilla, muestra muy plástica y pesada, se requiere mucha fuerza en los dedos para amasarla		Arcillosa	Y	> 60

El Diagrama textural del Departamento de Agricultura de EE.UU (USDA por sus siglas en inglés) es una herramienta para obtener las clases texturales en función de los porcentajes de arena, limo y arcilla (USDA, 2014) (Figura 5).

	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	68 / 106

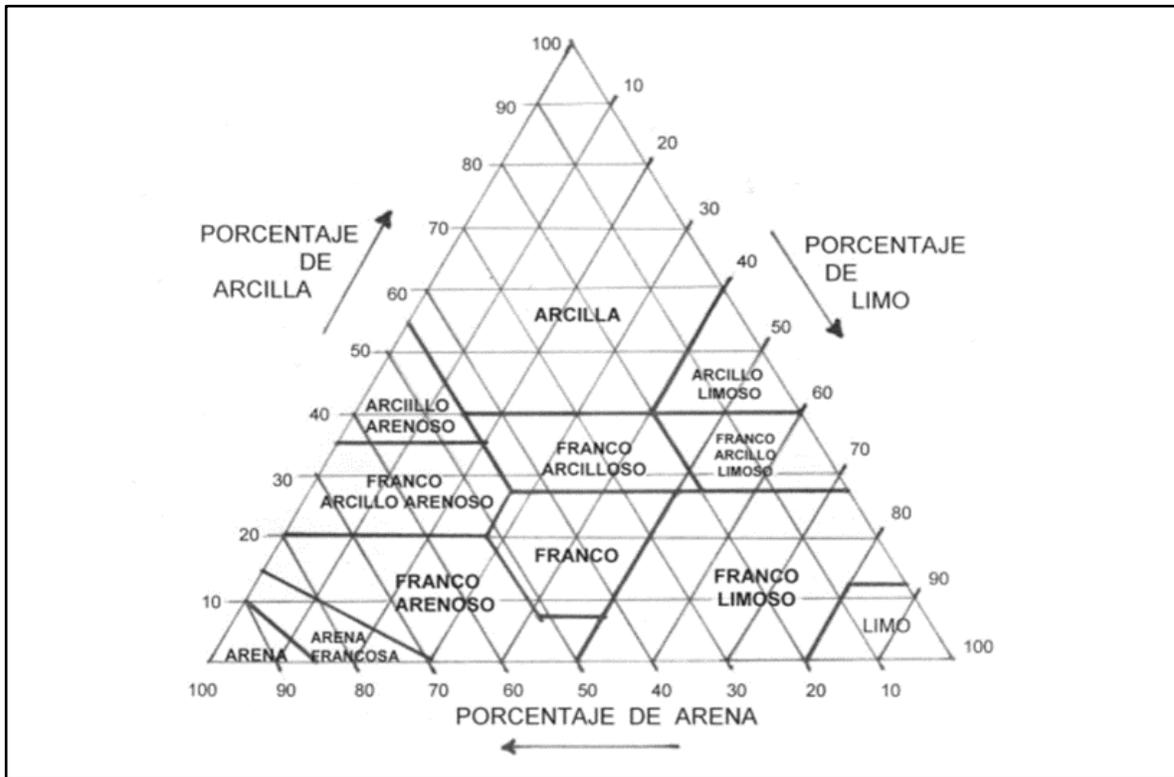
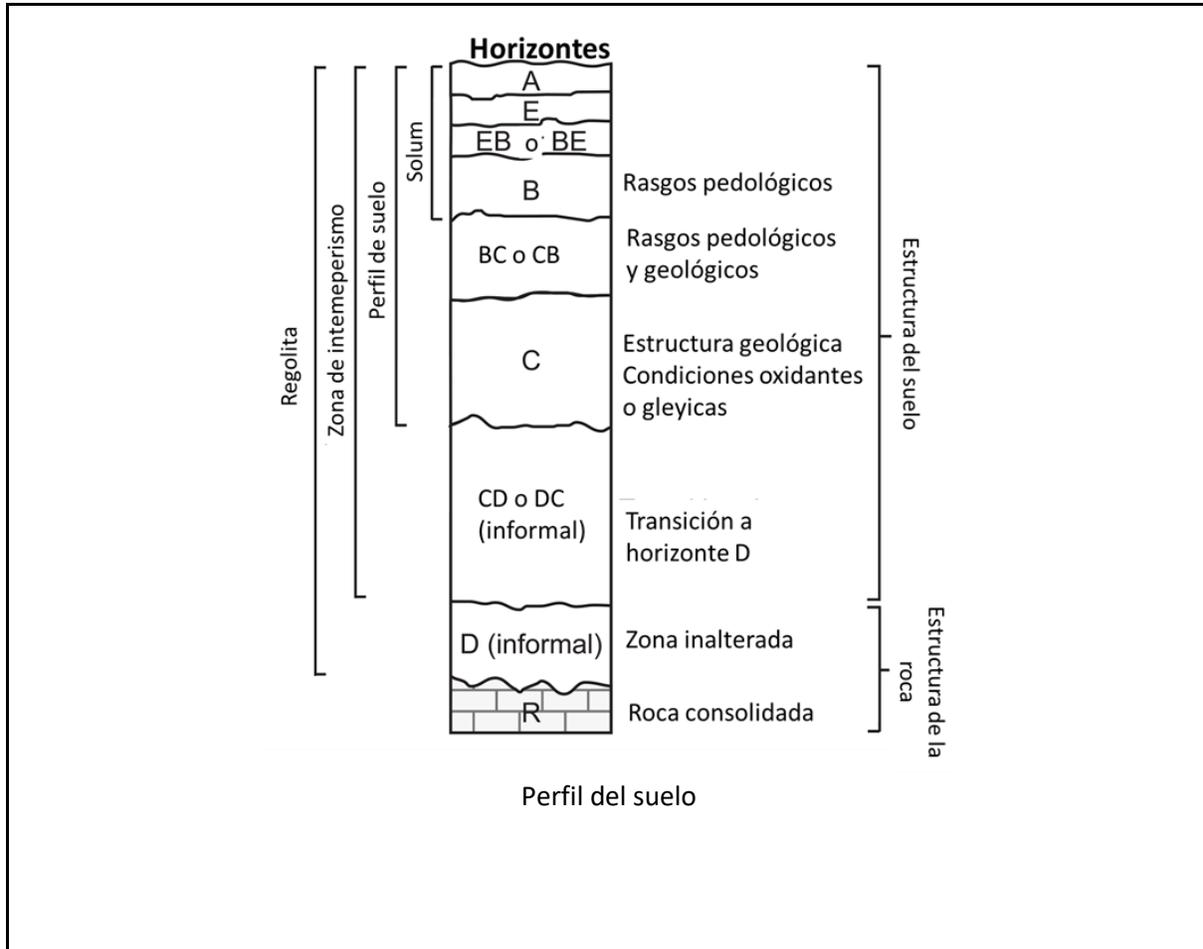


Figura 5. Diagrama textural de la USDA (2014)

Estructura del suelo

En campo se realiza la descripción de la macroestructura del suelo (Siebe *et al.*, 1996) **a) tipo de estructura, b) tamaño y, c) grado**. Mientras que la microestructura se determina en láminas delgadas a través de un análisis microscópico en el laboratorio. En campo se debe tomar un terrón de suelo de varias partes del horizonte cuando es necesario. Cada agregado (ped) al fracturarlo puede romperse en peds secundarios y/o terciarios, o material no agregado (grado) (Figura 6) (Zinck *et al.*, 2016).

	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	69 / 106



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	70 / 106

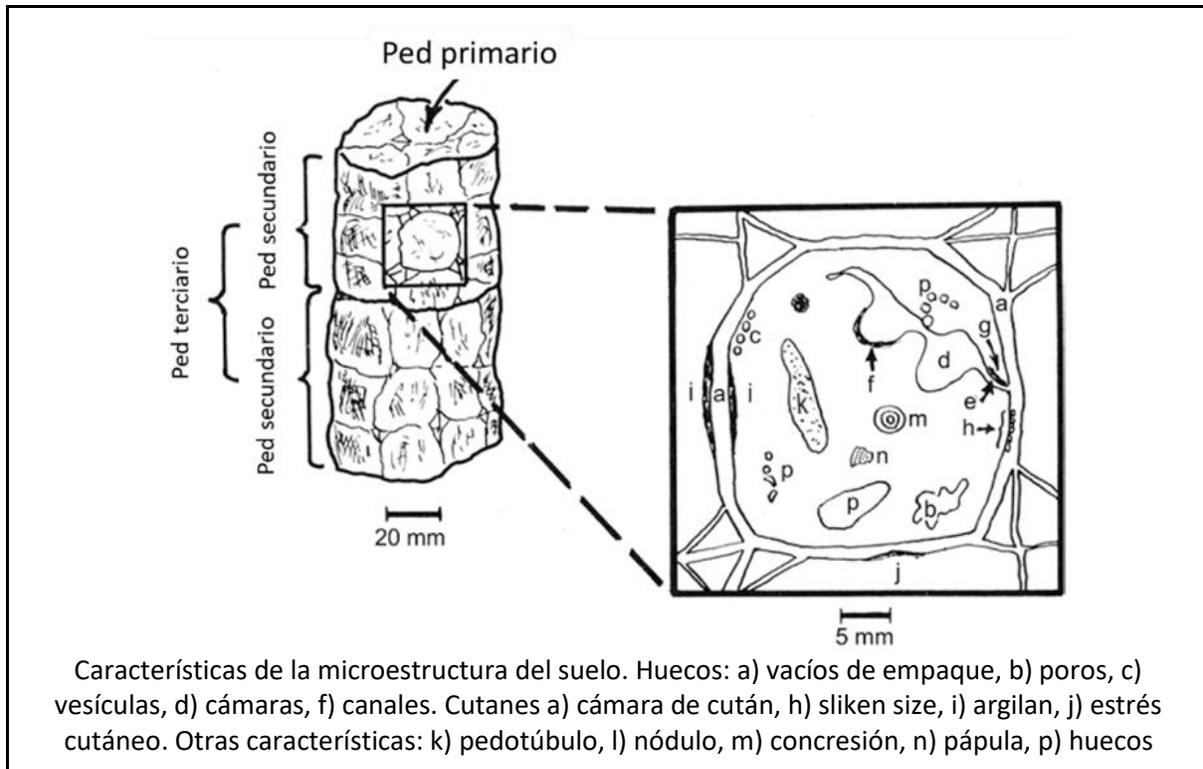


Figura 6. Estructura del perfil y agregados del suelo (Modificado de Schaetzl R. y Anderson S., 2005; Zinck *et al.*, 2016).

	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	71 / 106

a) Tipo de estructura (Figura 7)

Esferooidal

Común en la superficie del suelo, sujeta a rápidos cambios, predomina la bioturbación y la porosidad



Laminar

Común en horizontes eluviales, a menudo heredados del material parental o causado por compactación.

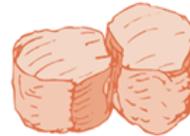


Angular en bloques

Común en horizontes B, en ocasiones en superficie. Posee vértices angulares.



Subangular en bloques



Columnar

Común en horizontes B, zonas áridas y semiáridas. Superficie redondeada.



Prismática

Forma superficies angulares. Ambas modeladas por presencia de sales o sitios poco drenados y baja porosidad.



Figura 7. Tipos de estructura en el suelo y ubicación común en el perfil (Brady y Weil, 2017).

b) Tamaño o clase (Cuadro 4)



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	72 / 106

Cuadro 4. Tamaño o clase del suelo (Siebe C., et al., 2006)

Clase	laminar	Prismática	columnar	Angular en bloques	Subangular en bloques	Granular	Migajón
	(mm)						
Muy fina	<1	<10	<10	<5	<5	<1	<1
Fina	1-2	10-20	10-20	5-10	5-10	1-2	1-2
Media	2-5	20-50	20-50	10-20	10-20	2-5	2-5
Gruesa	5-10	50-100	50-100	20-50	20-50	5-10	5-10
Muy gruesa	>10	>100	>100	>50	>50	>10	>10

c) Grado (Cuadro 5)

Cuadro 5. Grados de la estructura del suelo (Vargas Rojas, 2009; Siebe C., et al., 2006)

0	sin estructura	No se observa agregación u ordenamiento alguno. Se dice masiva, cuando es coherente, y de grano simple, cuando no es coherente.
1	débil	Peds poco formados, difícil de distinguir. Cuando se disturba, se obtiene una mezcla de peds enteros con mucho material no agregado. Se puede dividir en muy débil o moderadamente débil
2	moderado	Peds bien formados y moderadamente durables, cuando se disturba, se obtienen una mezcla de peds entero, algunos quebrados y poco material no agregado
3	fuerte	Peds bien formados y durables. Cuando se disturba este material, se obtienen peds enteros, poco quebrados y ningún material no agregado. Este material puede dividirse en fuerte y muy fuerte

BIBLIOGRAFÍA CITADA

Arshad, M. A. y Coen, G. M. (1992). Characterization of soil quality: Physical and chemical criteria. American J. of Alternative Agriculture 7: 25-31.

ASTM D1498-00. (2000). Standard practice for oxidation-reduction potential of water.



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	73 / 106

- Brady, N., & Weil, R. (2017). The nature and propeties of soils. England: Pearson.
- Buol, S. W. (1995). Sustainability of soil use. Annual Review of Ecology and Systematic 26:25-44.
- Carter, M. R., Gregorich, E. G., Anderson, D. W., Doran, J. W., Janzen, H. H. and Pierce, F. J. (1997). Concepts of soil quality and their significance. **In:** Soil quality for crop production and ecosystem health. Gregorich E. G. and Carter M. (eds.). Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Netherlands.
- Doran, J. W. y Parkin, B. T. (1994). Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Soil Science Society of America, Inc. Special Publication. Number 35. Madison, Wisconsin, USA.
- Doran, J. W., Sarrantonio, M. and Liebig, M. A. (1996). Soil Health and Sustainability. Advances in Agronomy Vol. 56. Academic Press, Inc. San Diego, California.
- García, Y., Ramírez, W. y Sánchez, S. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. Pastos y Forrajes, Vol. 35, No. 2, abril-junio, 125-138.
- Gregorich, E. G., Carter, M. R., Angers, D. A., Monreal, C. M. and Ellert, B. H. (1994). Towards a minimum data set to asses soil organic matter quality in agricultural soils. Canadian J. of Soil Science 74: 367-386.
- Infoagro. (2017). Infoagro. Recuperado de www.infoagro.com.
- Karlen, D. L., Mausbach, M. J., Doran, J. W., Cline, R. G., Harris, R. F., and Schuman, G. E. (1997). Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. Soil Science Society of America J. 61: 4-10.
- Larson, W. E. y Pierce, F. J. (1991). Conservation and Enhancement of Soil Quality. **In:** Evaluation for sustainable land management in the developing world. En Proc. of the Int. Work-shop on Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World, Chiang Rai. pp 175-203. 15-21 Sept. 1991. Int. Board of Soil Res. and Manage, Bangkok, Thailand.
- Lowdermilk, W. C. (1953). Conquest of the Land Through Seven Thousand Years. Agriculture Information Bulletin N° 99, USDA, Soil Conservation Service, Washington, D.C.
- Mora, D. J, A. Silva, P., Escobar, N. E. (2019). Bioindicadores en suelos y abonos orgánicos.. -- 1ª. Ed. -- Ibagué : Universidad del Tolima,.
- Narváez, M., Aguirre, N. y Maldonado, M. (2017). Efecto de la introducción de especies forestales en suelos degradados en procesos de restauración ecológica en el sur del Ecuador. Revista Bosques Latitud Cero. Vol. 7(2), julio-diciembre.
- Paolini Gómez, J. E. (2017). Actividad microbiológica y biomasa microbiana en suelos cafetaleros de los Andes venezolanos. Terra Latinoamericana 36: 13-22. DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v36i1.257>
- Parr, J. F., Papendick, R. I., Hornick, S. B. and Meyer, R. E. (1992). Soil quality: attributes and relationships to alternative and sustainable agriculture. American J. of Alternative Agriculture 7: 5-11.
- Porta, J., López-Acevedo, M. y Roquero, C. (1999). Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Mundi Prensa. Ed. Madrid España.



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	74 / 106

Romig, D. E., Garlynd, M. J., Harris, R. F., and McSweeney, K. (1995). How farmers assess soil health and quality. *J. Soil Water Conservation* 50: 229-236.

Santibañez, V. C. (2002). *Modernización e Integración Transversal de la Enseñanza de Pregrado en Ciencias de la Tierra*. Universidad de Chile. Santiago. Chile.

Schaetzl, S., & Anderson, S. (2005). *Soils genesis and geomorphology*. New York: Cambridge University Press.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (31 de diciembre de 2002). Norma Oficial Mexicana NOM-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. *Diario Oficial de la Federación*, págs. 1-73.

Siebe, C. Jahn, R y Stahr, K. (2016). *Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en campo*. 3ª Edición (revisada, corregida y aumentada). Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Siebe, C., Jahn, R., & Stahr, K. (2006). *Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en el campo*. Publicación especial No. 4. Chapingo, México: Sociedad Mexicana de la Ciencia del suelo.

Toledo, D., Silvia, A., Galantini, J. y Vazquez, Sara. (2018). Indicadores e Índices Biológicos de Calidad de Suelo en Sistemas Forestales. *Cienc. Suelo (Argentina)* 36 (2): 1-12.

USDA. (2014) "Keys to Soil Taxonomy". Décima segunda edición, págs.: 399.

Vargas Rojas, R. (2009). *Guía para la descripción de suelos*. Roma Italia: FAO.

Vogt, D., Tilley, J., & Edmonds, R. (2015). *Soil and plant analysis for forest ecosystem characterization*. Germany: Degruyter.

Zinck, J., Matternicht, G., & Del Valle, H. (2016). *Geopedology. An Integration of Geomorphology and Pedology for Soil and Landscape Studies*. New York: Springer.



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	75 / 106

Práctica 4.2. Índices de calidad del agua, métodos de muestreo e indicadores de calidad

OBJETIVOS

Diseñar el muestreo de sistemas acuáticos y aplicar los métodos de preservación y transporte de muestras al laboratorio, con base en la normatividad mexicana vigente.

Evaluar los principales indicadores físicos, químicos y biológicos de la calidad del agua.

FUNDAMENTO TEÓRICO

La contaminación del agua es un término cualitativo que describe la situación en la que el nivel de contaminantes impide el uso previsto. Solo se necesita una pequeña cantidad de contaminante para contaminar un cuerpo de agua destinado a proveer agua potable. Pero la misma agua podría no ser considerada como contaminada si se usa, por ejemplo, para agricultura. La contaminación no se limita a los contaminantes químicos. Los factores físicos del entorno también pueden contribuir y entidades biológicas como microorganismos patógenos pueden también ser contaminantes (Walker *et al.* 2019). En términos de lo anterior, la calidad del agua puede interpretarse como un término antrópico, cuyo criterio básico se refiere a los servicios ecosistémicos aporta y al uso que puede hacerse de dicho recurso en función de la presencia y cantidad de agentes contaminantes.

En el marco regulatorio de México, se cuenta con una serie de criterios ecológicos de calidad del agua mediante los cuales se puede calificar a los cuerpos de agua como aptos para ser utilizados como fuente de abastecimiento de agua potable, en actividades recreativas con contacto primario, para riego agrícola, para uso pecuario, en la acuicultura, o para la protección de la vida acuática. Estos criterios se refieren a las características físicas, químicas y biológicas del agua en cuestión y al tipo y cantidad de contaminantes que contienen (Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, 1989).

Dada la gran dificultad técnica y económica que implica un análisis exhaustivo de las propiedades del agua, ya sea de una corriente o cuerpo superficial, de un reservorio subterráneo o de un ambiente oceánico, para llevar a cabo la evaluación de la calidad del agua es necesario hacer una selección de los indicadores más convenientes, es decir aquellos que provean la mayor cantidad y calidad de información con un esfuerzo y un costo aceptables. De acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), un indicador es un parámetro o valor derivado de parámetros que proporciona información para describir el estado de un fenómeno, ambiente o área, con un significado que va más allá del directamente asociado con el valor del parámetro mismo (OECD, 2003). Los indicadores ambientales tienen dos funciones principales: reducen el número de mediciones y parámetros que normalmente serían requeridos para describir un fenómeno o situación y simplifican la comunicación de resultados. De acuerdo con la OCDE, dependiendo del propósito para el que serán usados, los indicadores deben ser seleccionados con base en los siguientes tres criterios: a) que sean relevantes para los usuarios de la información, b) que tengan solidez analítica y c) que sean medibles en una relación costo/beneficio razonable.



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	76 / 106

Para los objetivos y alcances de la evaluación de la calidad del agua considerada en este Manual, los indicadores seleccionados y su método de análisis se describen a continuación:

Amonio (método de azul de Indofenol, Fenato)

El amonio está usualmente presente en bajas cantidades (<1 mg/L) en aguas no contaminadas y bien oxigenadas, pero puede alcanzar de 5 a 10 mg/L en el hipolimnion anaeróbico de un lago eutrófico. Cuando existen altas concentraciones de amonio en forma de NH_4OH no disociado, estas se consideran tóxicas. Asimismo, la relativa proporción del amonio (NH_4OH) tóxico incrementa con el pH (Lind, 1985).

Las aguas residuales presentan una elevada carga contaminante que responde, en gran parte, a la materia orgánica que contienen, en cuya composición se encuentran los compuestos de nitrógeno. Entre las formas de nitrógeno, unas de las de mayor interés en las aguas son el amoniacal y el total. El amoníaco es uno de los componentes transitorios en el agua, ya que es parte del ciclo del nitrógeno y se ve influido por la actividad biológica. Es un producto natural de la descomposición de los compuestos orgánicos nitrogenados. Las aguas superficiales no deben contener normalmente amoníaco. En general, la presencia de amoníaco libre o ion amonio se considera como una prueba química de contaminación reciente y peligrosa. Si el medio es aerobio, el nitrógeno amoniacal se transforma en nitritos (U.S., 2000).

El desarrollo, perfeccionamiento y validación de métodos de ensayos exactos, precisos y específicos en el análisis del amonio ya ha sido publicado y refrendado por diversas fuentes (APHA, 2000; Sardiñas y Pérez, 2004; entre otros)

Nitritos (método de ácido sulfanílico)

El nitrito considerado como una etapa intermedia en el ciclo del nitrógeno puede estar presente en el agua como resultado de la descomposición biológica de materiales proteicos. En aguas superficiales crudas las huellas de nitritos indican contaminación fecal reciente. También se puede producir el nitrito en las plantas de tratamiento o en los sistemas de distribución de agua, como resultado de la acción de bacterias sobre el nitrógeno amoniacal (Arredondo, 1986).

El nitrito puede entrar en un sistema de abastecimiento a través de su uso como inhibidor de corrosión en un proceso industrial. Además, es un agente etiológico potencial de metahemoglobinemia. El ácido nitroso, que se forma a partir de nitritos en solución ácida, puede reaccionar con aminas secundarias ($\text{RR}'\text{-NH}$) para formar nitrosaminas ($\text{RR}'\text{-N-N=O}$) muchas de las cuales son conocidas por ser potentes agentes carcinogénicos (Secretaría de Economía, 2011).

En aguas superficiales bien oxigenadas el nivel de nitrito no suele superar el 0.1 mg/L. Asimismo, cabe resaltar que se encuentra en un estado de oxidación intermedio entre el amoníaco y el nitrato y en concentraciones elevadas reaccionan dentro del organismo con las aminas y amidas secundarias y terciarias formando nitrosaminas de alto poder cancerígeno y tóxico. Valores por encima de 1 mg/L de este compuesto son totalmente tóxicos, representan un impedimento para el desarrollo de la vida piscícola y el establecimiento de un sistema fluvial en buenas condiciones (Romero *et al.*, 1982; Arredondo, 1986). Debido a que el nitrógeno es un nutriente esencial para organismos fotosintéticos, es importante el monitoreo y control de sus descargas al ambiente.



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	77 / 106

Nitratos (método del ácido fenoldisulfónico)

Nutrientes o nutrimentos, son sales inorgánicas del nitrógeno como nitritos NO_2^- , nitratos NO_3^- y amonio NH_4^+ y fósforo como ortofosfatos PO_4^{3-} , fundamentalmente requeridas por el fitoplancton durante la fotosíntesis. Su baja (oligotrofia) o media concentración (mesotrofia) es común en la zona costera; sin embargo, su alto contenido (eutrofia) conduce a un medio con problemas por predominio de ciertas especies del plancton tóxicas a las comunidades o al hombre que a posterior al morir aportan mayor cantidad de materia orgánica que a su vez consume oxígeno, tendiendo a la anaerobiosis ($<1.0 \text{ mg O}_2/\text{L}$). Las aguas negras, industrias de fertilizantes y agricultura provocan dicha situación.

Debido a que la materia orgánica procedente tanto de los organismos acuáticos o de descargas antropogénicas contiene nitrógeno y fósforo orgánicos, al descomponerse o remineralizarse transforma a estos últimos en compuestos inorgánicos incrementando el contenido hasta niveles eutróficos inadecuados por las razones ya señaladas (Blancas *et al.*, 2011; Gómez *et al.*, 2014).

La determinación de nitratos (NO_3^-) es difícil y compleja, debido a que pueden estar presentes sustancias interferentes y las limitaciones de las técnicas en cuanto a cantidades a determinar. El nitrógeno en forma de nitratos está presente en bajas concentraciones en aguas naturales que raramente exceden los 10 mg/L y son más frecuentes concentraciones menores a 1 mg/L , especialmente en períodos de alta producción primaria. Altas concentraciones de nitrógeno como nitratos ($>20 \text{ mg/L}$) pueden ser peligrosas para la salud de los mamíferos juveniles. Los nitratos y nitritos son capaces de oxidar la hemoglobina para producir metahemoglobina, que es incapaz de transportar oxígeno (Lind, 1985).

Ortofosfatos (método del cloruro estanoso)

Este elemento es considerado como clave para los ecosistemas acuáticos, ya que su disponibilidad por lo general regula la productividad primaria. Su concentración se incrementa inmediatamente después de ser aplicado a un estanque o cuerpo de agua natural o artificial en forma de fertilizante para posteriormente declinar al nivel de concentración que tenía antes de la fertilización, lo que significa que los ortofosfatos solubles son absorbidos por las bacterias, el fitoplancton y las macrofitas acuáticas tal como lo sugirieron Boyd (1979) y Arredondo y Ponce (1998).

Este método es útil para la determinación de fosfatos en solución. No debe ser utilizado en aguas que contienen más de 0.2 mg/L de arsenatos o arsenitos, ya que estos iones dan un color azul similar al ion fosfato (Swingle, 1969). Las especies iónicas de ortofosfatos solubles presentes en una muestra de agua reaccionan con el heptamolibdato de amonio en un medio ácido para formar en primer lugar, un complejo de color amarillo de ácido fosfomolibdico, en segundo lugar, en presencia de un agente reductor como el cloruro estanoso, el complejo se reduce a azul de molibdeno que se incrementa en forma proporcional a la cantidad de ortofosfatos presentes en la muestra.



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	78 / 106

MATERIALES Y REACTIVOS

Amonio

Papel filtro Whatman del 42
Embudo de vidrio talle corto
Soporte universal con anillo y nuez
Matraz aforado de 50 mL
Matraz aforado de 500 mL
Pipeta graduada de 1 mL
Pipeta graduada de 5 mL
Pipeta graduada de 100 mL
Agitador magnético
Pipeta volumétrica de 10 mL.
Vaso de precipitado de 50 mL
Vaso de precipitado de 100 mL
Probeta de 100 mL
Vidrio de reloj
Gotero

MATERIALES Y REACTIVOS

Nitritos

Vidrio de reloj
Matraz aforado de 100 mL Matraz aforado de 1L
10 matraz aforado de 50 mL Pipeta graduada 1 mL Pipeta volumétrica 10 mL Mortero con pistilo
Frascos ámbar Celdas para espectro
Nitrito de sodio anhidro (NaNO_2)
Agua bidestilada (H_2O)
Cloroformo (CHCl_3)
Alfa-naftalamina ($\text{C}_{10}\text{H}_9\text{N}$)
Ácido sulfanílico ($\text{C}_6\text{H}_7\text{NO}_3\text{S}$)
Ácido tartárico ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$)



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	79 / 106

EQUIPO

Estufa

Espectrofotómetro UV-VIS Balanza analítica

MATERIALES Y REACTIVOS

Nitratos

Probeta graduada de 50 mL

Pipeta graduada de 5 mL

Agitador de vidrio

Matraz aforado 1L

Matraz aforado de 500 mL

Cápsula de porcelana

Fenol blanco puro (C_6H_5OH)

Ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4)

Ácido sulfúrico fumante ($H_2SO_4 + SO_3$)

Nitrato de sodio ($NaNO_3$)

Agua destilada (H_2O)

Agua bidestilada (H_2O)

EQUIPO

Balanza analítica

Parrilla de agitación y calentamiento Estufa

Espectrofotómetro UV-VIS

MATERIALES Y REACTIVOS

Fosfatos

Papel filtro Whatman 42 Pipeta graduada de 5 mL

7 matraces aforados de 50 mL Matraz aforado de 1 L

Matraz aforado de 500 mL Gotero

Varilla de vidrio

Heptamolibdato de amonio tetrahidratado ($(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$)

Cloruro estanoso dihidratado ($SnCl_2 \cdot 2H_2O$)

Ácido sulfúrico (H_2SO_4)



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	80 / 106

Glicerol ($\text{HOCH}_2\text{-CHOH-CH}_2\text{OH}$)

Fosfato de potasio dihidrogenado (KH_2PO_4)

Agua bidestilada (H_2O)

EQUIPO

Espectrofotómetro UV-VIS Parrilla de agitación

Baño maría

Principio, preparación de reactivos y procedimiento, método de azul de indofenol para Amonio (APHA-AWWA-WPCF, 2000). En esta técnica, no requiere de una destilación y se basa en la reacción del amonio con fenol e hipoclorito en condiciones alcalinas, para formar un indofenol de color azul, utilizando nitroprusiato de sodio como catalizador. El color desarrollado es proporcional a la concentración de amonio en la muestra.

Preparación de reactivos para Amonio

Solución oxidante. Obtener blanqueador casero (que contenga 5% de cloro). Mezclar 20 mL de blanqueador con 80 mL de agua destilada libre de amonio y ajustar a un pH de 6.5 a 7.0 con HCl 1:3. Este reactivo debe prepararse cada 4 o 5 días.

Solución de sulfato manganoso. Disolver 50 mg de sulfato manganoso monohidratado en 100 mL de agua destilada.

Solución de fenato. En 100 mL de agua destilada disolver 2.5 g de NaOH y 10 g de fenol. Preparar este reactivo cada 4 o 5 días.

Solución estándar de cloruro de amonio. Pesar 1.9079 g de NH_4Cl y disolverlos en agua destilada, aforar a 500 mL para obtener una solución con 1000 mg N- NH_4 /L. Posteriormente tomar 5 mL de esta solución y diluir a 500 mL con agua destilada. Tomar 15 mL de la solución anterior y aforar a 500 mL para obtener una solución cuya concentración es de 0.3 mg N- NH_4 /L.

Nota: preparar solo la cantidad que ocupará para los análisis, hacer los cálculos correspondientes.

Procedimiento

Filtrar 25 mL de muestra con papel Whatman No 42. Colocar 10 mL de muestra en un vaso de 50 mL y agitar utilizando un agitador magnético y colocado en una parrilla de agitación. Durante la agitación agregar 1 gota de solución de sulfato manganoso, 0.5 mL de solución oxidante y 0.6 mL de la solución de fenato. Agitar durante 15 minutos para obtener un desarrollo máximo de color.

Preparar el blanco con 10 mL de agua destilada y realizar el mismo proceso que se le aplicó a la muestra problema. Preparar una solución estándar de 0.3 mg de N- NH_4 /L y con 10 mL de ésta, realizar el mismo proceso que se le aplicó a la muestra problema. Leer las muestras, el blanco y la solución de concentración conocida en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 630 nm. Nota: el espectrofotómetro debe habilitarse para lectura en la banda de infrarrojo.



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	81 / 106

Cálculos. Se maneja una solución de amonio y un blanco con reactivos para obtener el valor de la muestra problema aplicando la siguiente fórmula:

$$\frac{C1}{C2} = \frac{A1}{A2}$$

donde:

C1 = Concentración de N-NH₄ del estándar

C2 = Concentración de N-NH₄ de la muestra

A1 = Absorbancia del estándar

A2 = Absorbancia de la muestra

Fuentes: (Cervantes, 1984; Contreras, 1994)

Principio, preparación de reactivos y procedimiento, método del ácido sulfanílico para Nitritos (APHA, 2009)

Principio. El método tiene un principio colorimétrico, en el cual el ácido sulfanílico reacciona con el nitrito en presencia de clorhidrato de naftilamina, formando un nitroderivado. La intensidad del color rosado es proporcional a la concentración de nitrito presente en la muestra, permitiendo su análisis por espectrofotometría ultravioleta visible, calculando la concentración de nitritos en la muestra por comparación relativa con soluciones de concentración conocida.

Preparación de reactivos para Nitritos

Solución stock de Nitrito de Sodio. Se disuelven 0.2463 g de nitrito de sodio anhidro (secar a 110° C durante una hora) en agua bidestilada y aforar a 100 mL. Esta solución tiene una concentración tal que 1 mL equivale a 0.050 mg de N-NO₂. Preservar por adición de 1 mL de cloroformo.

Solución patrón de Nitrito de Sodio. Se diluyen 10 mL de la solución stock de nitritos en un litro con agua bidestilada, obteniéndose una concentración tal que 1 mL equivale a 0.0005 mg de N-NO₂. Preservar por adición de 1 mL de cloroformo.

Reactivo seco. Se prepara mezclando 1 g de alfa-naftalamina, 10 g de ácido sulfanílico y 89 g de ácido tartárico en un mortero. Conservarse en frasco ámbar.

Solución amortiguadora de acetato de sodio 2N. Se disuelven 16.4 g de acetato de sodio anhidro ó 27.2 g de CH₃COON.H₂O en agua destilada y aforar a 100 mL (filtrar si es necesario).

Nota: preparar solo la cantidad que ocupará para los análisis, hacer los cálculos correspondientes.

Procedimiento

La muestra debe estar libre de turbiedad y color, para lograr esto, si es necesario filtrar la muestra a través de filtros de membrana de 0.45 µm o papel Whatman

42. Con una pipeta volumétrica tomar 45 mL de la muestra y agregar 0.3 g de reactivo seco más 1mL de solución amortiguadora aforar a 50 mL, mezclar por agitación. Después de 10 a 30 minutos se lee la absorbancia del color púrpura rojizo a 540 ó 543 nm con el espectrofotómetro.



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	82 / 106

Cálculos. Elaborar una curva patrón de la absorbancia de las siguientes soluciones estándar:

VOL. SOL. PATRÓN DE NO ₂ (mL)	AFORAR A (mL)	CONCENTRACIÓN (mg N-NO ₂ /Litro)
0.0	50	0.00
0.1	50	0.001
0.3	50	0.003
0.5	50	0.005
0.8	50	0.008
1.0	50	0.010
2.0	50	0.020
3.0	50	0.030
4.0	50	0.040
5.0	50	0.050

Procesar cada solución patrón de forma idéntica a la muestra.

Obtener la gráfica de absorbancia (Y) contra la concentración (X) buscando la recta de mejor ajuste ($Y = a + bX$) por medio del método de mínimos cuadrados.

Leer la concentración de la muestra por interpolación o extrapolación. Sustituyendo en la ecuación de la recta de mejor ajuste: el valor de la absorbancia (Y) y despejando el valor de la concentración (X). Siempre y cuando se cumpla la ley de Beer Lambert.

Principio, preparación de reactivos y procedimiento método Ácido Fenol Disulfónico para Nitratos (APHA, 2009)

Principio. Este método tiene un principio colorimétrico, en el cual, el ácido fenoldisulfónico reacciona con el nitrato en ausencia de agua para formar un nitro- derivado, que en medio alcalino es alterado ligeramente para producir un compuesto de color amarillo. La intensidad del color amarillo producido es proporcional a la concentración de nitrato presente en la muestra, permitiendo su análisis por espectrofotometría, calculando su concentración por comparación relativa con soluciones de concentración conocida.

Preparación de reactivos

Solución de Ácido Fenoldisulfónico. Disolver 25 g de fenol blanco puro en 150 mL de Ácido Sulfúrico concentrado; agregar 75 mL de ácido sulfúrico fumante y calentar a 100°C durante 2 h, dejar enfriar a temperatura ambiente y aguardar en frasco ámbar. Evitar que la mezcla rebese los 100°C porque se produce eyección de la solución, es importante estar atento a la temperatura de calentamiento.

Solución estándar de Nitratos. Disolver 0.607 g de NaNO₃ previamente secado a 110°C durante una hora, en agua destilada y aforar a un litro. Transferir 50 mL de esta solución a



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	83 / 106

una cápsula de porcelana perfectamente limpia y evaporar a punto de sequedad; enfriar a temperatura ambiente y agregar 2 mL de solución de Ácido Fenoldisulfónico, remover perfectamente con un agitador de vidrio limpio, transferir a un matraz y aforar a 500 mL con agua bidestilada. Esta solución tiene una concentración de 10 mg N-NO₃ por litro.

Nota: preparar solo la cantidad que ocupará para los análisis, hacer los cálculos correspondientes.

Procedimiento

Filtrar 100 mL de muestra en papel Whatman No. 42 y colocarlo en una cápsula de porcelana. Evaporar la muestra a sequedad (evitando que se quemen los sólidos). Enfriar a temperatura ambiente y agregar 2 mL de Ácido Fenoldisulfónico, mezclando perfectamente con un agitador de vidrio. Agregar cuidadosamente por las paredes de la cápsula 10 mL de agua destilada. Agrega Hidróxido de Amonio hasta que la muestra tome un color amarillo definitivo (agregar la misma cantidad a todas las muestras, aprox. 8 mL). Transferir a un matraz y aforar a 100 mL con agua destilada. Tomar una alícuota de la muestra tratada y leer su absorbancia en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 410 nm. También debe leer la absorbancia de un blanco, que consiste en una muestra no tratada con hidróxido de amonio (aplicar los mismos pasos anteriores excepto la agregación de hidróxido de amonio). Rectifique la lectura de la muestra problema restando la lectura del blanco a cada una de las lecturas obtenidas para las muestras.

Cálculos. Preparación de soluciones de concentración de acuerdo con la siguiente tabla:

VOL. SOL. ESTÁNDAR DE NO ₃ (mL)	AFORAR A (mL)	CONCENTRACIÓN (mg N-NO ₃ por litro)
0.1	100	0.01
0.3	100	0.03
0.5	100	0.05
1.0	100	0.10
1.5	100	0.15
3.0	100	0.30
4.0	100	0.40
5.0	100	0.50
10.0	100	1.00

Tomar el volumen de la solución estándar mencionado en la tabla, colocarlo en un matraz volumétrico, diluir a 10 mL, agregar NH₄OH concentrado hasta obtener coloración amarilla y aforar a 100 mL. Registrar la absorbancia de las soluciones anteriores a 410 nm, utilizando como punto de inicio un volumen igual de agua destilada al cual se le agrega el mismo volumen de reactivos. Elaborar una gráfica de resultados de absorbancia contra la concentración de cada solución. Obtener la recta de mejor ajuste, por el método de mínimos cuadrados. Obtener la concentración de las muestras problema por interpolación o extrapolación de la lectura de absorbancia obtenida (sustituyendo en la ecuación de la recta



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	84 / 106

de mejor ajuste: el valor de la absorbancia (Y) y despejando el valor de la concentración (X). Siempre y cuando se cumpla la Ley de Beer Lambert.

Principio, preparación de reactivos y procedimiento para Fosfatos método Fosfomolibdato (APHA, 2009)

Principio. Este método es para la determinación de fosfatos en solución. No debe ser utilizado en aguas que contienen más de 0.2 mg/L de arsenatos o arsenitos, ya que estos iones dan un color azul similar al ion fosfato (Swingle, 1969). Las especies iónicas de ortofosfatos solubles presentes en una muestra de agua reaccionan con el heptamolibdato de amonio en un medio ácido para formar en primer lugar, un complejo de color amarillo de Ácido Fosfomolibdico y, en segundo lugar, en presencia de un agente reductor (Cloruro Estanoso) el complejo se reduce a azul de molibdeno que se incrementa en forma proporcional a la cantidad de ortofosfatos presentes en la muestra. La intensidad del color azul puede medirse por espectrofotometría UV-VIS, calculando la concentración de ortofosfato de la muestra por comparación con una curva patrón, obtenida a partir de las lecturas de absorbancia de soluciones de fosfato de concentración conocida.

Preparación de reactivos para Fosfatos

Solución de Heptamolibdato de Amonio $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Disolver 25 g de Molibdato de Amonio Tetrahidratado en 200 mL de agua bidestilada. Cuidadosamente agregar 280 mL de Ácido Sulfúrico concentrado libre de Arsénico a 400 mL de agua destilada en un matraz aforado de un litro, permitir que enfríe y agregar la solución de Molibdato lentamente con agitación. Aforar a un litro.

Solución de Cloruro Estanoso. Disolver 2.5 g de Cloruro Estanoso dihidratado en 100 mL de glicerol calentado en baño maría agitando con una varilla de vidrio. Esta solución se deteriora con la luz y con el tiempo, por lo que hay que mantenerla en una botella ámbar. El reactivo es estable y no requiere de la adición de conservadores o almacenamiento especial.

Solución estándar de fosfato. Disolver 0.2195 g de Fosfato de Potasio Dihidrogenado (KH_2PO_4) en agua bidestilada y diluir a un litro en matraz aforado. Esta solución tiene una concentración de 50 mg P- PO_4 /L; por lo cual preparar una segunda solución que contenga 5 mg P- PO_4 /L, por dilución de 50 mL de la primera solución en 500 mL con agua bidestilada aforando la solución. Utilizar esta solución para preparar las soluciones de concentración conocida.

Nota: preparar solo la cantidad que ocupará para los análisis, hacer los cálculos correspondientes.

Procedimiento. Medir 45 mL de muestra filtrada con papel Whatman No 42. Desarrollo del color en la muestra. Adicionar, agitando fuertemente después de cada adición, 2.0 mL de disolución de Heptamolibdato de Amonio tetrahidratado y 0.25 mL (5 gotas) de disolución de Cloruro Estanoso y aforar a 50 mL. La intensidad del color depende de la temperatura ambiente de la disolución final, incrementándose ésta alrededor de 1% por cada grado centígrado más de temperatura ambiente. Por lo que es importante realizar las mediciones a la misma temperatura.

Medición de color. El tiempo en el cual se realiza la medición es importante para tener un buen resultado, la medición debe de efectuarse después de 10 minutos de haber



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	85 / 106

desarrollado el color, pero antes de 12 minutos, utilizar el mismo intervalo de tiempo para todas las mediciones, medir la intensidad de color espectrofotométricamente a 690 nm y comparar contra la curva de calibración.

Cálculos. Preparar soluciones de concentración conocida de acuerdo con la siguiente tabla:

VOL. SOL. ESTÁNDAR DE P-PO ₄ (mL)	AFORAR A (mL)	CONCENTRACIÓN (en mg P-PO ₄ por litro)
0.1	50	0.01
0.4	50	0.04
0.8	50	0.08
2.0	50	0.20
3.0	50	0.30
4.0	50	0.40
5.0	50	0.50

Aplicar a cada una de las soluciones anteriores el procedimiento utilizado para las muestras (punto 2). Elaborar una gráfica de absorbancia (Y) contra concentración (X), obteniendo la recta de mejor ajuste. Obtener la concentración de las muestras problema por interpolación o extrapolación. Siempre y cuando se cumpla la ley de Beer Lambert.

BACTERIAS COLIFORMES COMO INDICADORES BIOLÓGICOS DE CALIDAD DEL AGUA

Coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*

Aplicar la normatividad vigente para la determinación de coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* en muestras de agua.

Analice la Norma Oficial Mexicana NMX-AA-042-SCFI-2015 Análisis de agua y enumeración de organismos coliformes totales, organismos coliformes fecales (termotolerantes) y *Escherichia coli* (Secretaría de Economía, 2015 y 2016).

A partir del análisis de la NMX-AA-042-SCFI-2015, construya un listado de materiales y equipo de laboratorio para realizar la determinación de los organismos coliformes presentes en el agua.

Diseñe un diagrama de flujo para el desarrollo de la determinación de los organismos coliformes. Deberá conocer los límites y las categorías de los organismos coliformes presentes en el agua de las muestras por analizar, para hacer un análisis comparativo y establecer la calidad ambiental de la muestra en cuestión.

Realice la determinación de organismos coliformes y registre los resultados obtenidos y



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	86 / 106

establezca las conclusiones en la bitácora.

RESULTADOS

Deberá entregar un informe de la práctica, con lo siguiente: título, introducción, objetivos, material y métodos, resultados, discusión, conclusión y referencias citadas de acuerdo con APA.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

APHA. (2009). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington D. C. USA. AWWA/APHA/WEF STANDARD METHODS.

APHA, AWWA, WPCF. (2000). Nitrogen ammonia phenate method. En: Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington DC, CD ROOM

Arredondo, J. L. (1986). Breve descripción de los criterios y las técnicas para el manejo y la calidad de agua en estanques de piscicultura intensiva. D. F., México. Secretaría de Pesca, Dirección General de Acuicultura.

Arredondo, J. L. y Ponce, J. T. (1998). Calidad del agua en acuicultura. Conceptos y aplicaciones. D. F., México. AGT Editores.

Blancas, G., Constanzo, E., Cervantes, A. y Gómez, J. L. (2011). Manual de análisis de aguas naturales y su aplicación a la microescala. PAPIME PE200810. Recuperado de: <http://feszaragoza.carrerabiologia/ecología/cuantitativa/materialdidáctico>.

Boyd, C. E. (1979). Water quality in warm water fishponds. Alabama, USA. Auburn University Alabama.

Cervantes, A. (1984). Manual de técnicas básicas para el análisis de ambientes acuáticos. Carrera de Biología, ENEP Zaragoza. UNAM. México, 60 p.

Contreras, E. F. (1994). Manual de técnicas hidrobiológicas. UAM Iztapalapa. Ed. Trillas. México 87 p.

Gómez, J. L., Blancas, G. A., Constanzo, E. y Cervantes, A. (2014). Análisis de la calidad de aguas naturales y residuales con aplicación a la microescala. UNAM, D.F. México. 204 pp.

Lind, T. O. (1985). Handbook of Common Methods in Limnology. Kendall/Hunt Publishing Company. Iowa, USA.

OECD. (2003), Environmental indicators. Development, measurement and use, Organization for Economic Co-operation and Development, France.

Sardiñas, O. & Pérez, A. (2004). Determination of ammoniacal and total nitrogen in drinking water and sewage by the phenate method. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología, 42(2) Recuperado en 19 de enero de 2022, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032004000200002&lng=es&tlng=en

Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. (13 de diciembre de 1989). Acuerdo por el que se establecen los criterios ecológicos de calidad del agua CE-CCA-001/89. Diario Oficial de la Federación, págs. 7-64.



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	87 / 106

Secretaría de Economía. (2001). NMX-AA-115-SCFI-2001. Análisis de Agua- Criterios Generales para el Control de la Calidad de Resultados Analíticos., México

Secretaría de Economía. (2011). NMX-AA-154-SCFI-2011 ANÁLISIS DE AGUA–Determinación de Nitrógeno de Nitritos en Aguas Naturales, Residuales, Residuales Tratadas y Marinas–Método de Prueba., México.

Secretaría de Economía. (5 de octubre de 2011). Declaratoria de vigencia de las normas mexicanas NMX-AA-008-SCFI-2011 y NMX-AA-154-SCFI-2011. págs. 54-56.

Secretaría de Economía. (2015). NMX-AA-042-SCFI-2015. Análisis de agua-enumeración de organismos coliformes totales, organismos coliformes fecales (termotolerantes y Escherichia coli., México.

Secretaría de Economía. (16 de octubre de 2015). Declaratoria de vigencia de las normas oficiales mexicanas NMX-AA-115-SCFI-2015 y NMX-AA-143-SCFI-2015. págs. 36-39.

Secretaría de Economía. (18 de abril de 2016). Declaratoria de vigencia de las normas mexicanas NMX-AA-034-SCFI-2015, NMX-AA-042-SCFI-2015, NMX-AA-175-SCFI-2015. págs. 87-89.

Swingle, H.S. (1969). Methods of analysis for water, organic, and pond bottom soils used in fisheries research. Alabama, USA. Auburn University Alabama.

U.S. (2000). Environmental Protection Agency. Folleto informativo de tecnologías de las aguas residuales. EPA Washington DC:832-F00-024.

Walker, D, B., Baumgartner, D. J., Gerba, C. P. and Fitzsimmons, K. (2019). Surface Water Pollution. **En**. Brusseau M. L., Ian L. P. y Charles P. G. (Eds.). Environmental and Pollution Science. Third edition. Elsevier Inc. United Kingdom.



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	88 / 106

Unidad 5. Desarrollo de proyecto de investigación



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	89 / 106

LINEAMIENTOS GENERALES

El objetivo del Laboratorio de Investigación Formativa VI (LIF VI) es realizar estudios integrales en biorregiones que involucren a los recursos naturales suelo-agua-biota, con especial énfasis en los vertebrados, a través de los ciclos biogeoquímicos en sistemas naturales o impactados por actividades humanas.

Este objetivo define las temáticas con las que el LIF VI contribuye a la formación científica del estudiante, ya que a través del desarrollo de un proyecto de docencia-investigación llevado a cabo a lo largo del semestre, el alumno fortalece sus capacidades metodológico-científicas al estudiar integralmente algún fenómeno o problema ecológico o ambiental relacionado con el manejo o la conservación de recursos naturales en una región o cuenca.

En este contexto, conjuntamente con el desarrollo de habilidades para la aplicación del método científico, la formación disciplinar del estudiante se complementa con el desarrollo de estudios relacionados con la perturbación de hábitats naturales por acciones antrópicas como un fenómeno global (Achard *et al.*, 2002), a través de la agricultura (Turner y Corlett, 1996), la urbanización (Marzluff y Ewing, 2004), el cambio de uso de suelo, la deforestación, la contaminación, o el abatimiento de recursos hídricos, que afectan fuertemente a los ecosistemas y su biodiversidad (Martínez-Meyer, *et al.*, 2014); a través del desarrollo de modelos de diagnóstico ambiental integral, susceptibles de aplicarse a nivel de cuencas o subcuencas hidrológicas, que consideren la visión y análisis conjunto de los componentes ecosistémicos físicos (agua, suelo) y bióticos (flora y fauna), y su interacción con elementos geográficos de referencia (clima, litología, geomorfología), y con los elementos antrópicos (población humana y actividad económica), que le confieren a los temas de investigación un enfoque holístico e integrado de la cuenca o región.

ORGANIZACIÓN Y DESARROLLO

El desarrollo del proyecto de investigación tiene el propósito de que el alumno dirija su formación hacia alguna de las áreas de conocimiento que conforman el LIF VI: cuencas hidrológicas, calidad ambiental, ecología y sistemas de información geográfica, en el marco del objetivo y lineamientos generales de este Laboratorio. Se busca fomentar la capacidad del estudiante para integrar información, no sólo de las prácticas realizadas en LIF VI, sino también la que ha obtenido hasta el momento en su carrera, y de incentivar sus habilidades para el trabajo en equipo.

Operativamente, el grupo se dividirá en cuatro equipos, uno para cada área del conocimiento de LIF VI (cuencas hidrológicas, calidad ambiental, ecología y sistemas de información geográfica); se busca que los integrantes coincidan en intereses académicos a la vez que complementen sus habilidades para el desarrollo del proyecto de investigación.

De esta manera, con la asesoría del profesor correspondiente, cada equipo de trabajo definirá un tema de investigación bajo los lineamientos establecidos por el objetivo del LIF VI, y realizará una búsqueda de información actualizada del tema de interés (revisión bibliográfica, cartográfica y bases de datos), con la cual será capaz de desarrollar el marco conceptual y definir la estructura del proyecto: Introducción, Justificación, Hipótesis, Objetivos, Métodos, Descripción de la zona de estudio, Materiales necesarios y Cronograma



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	90 / 106

de actividades para el desarrollo de la investigación en el semestre.

En los primeros días del segundo mes de actividades, se realizará la sesión de presentación de proyectos de investigación, en la que cada equipo expondrá su propuesta al resto del grupo. Estas sesiones públicas tienen el propósito de promover las habilidades de los estudiantes para la adecuada presentación, explicación y defensa de sus proyectos de investigación; de promover la discusión y retroalimentación académica de las propuestas, y de enriquecer los planteamientos de cada proyecto en cuanto a los métodos de trabajo de campo, laboratorio y análisis de datos por parte de profesores y alumnos.

Durante el tercer mes de actividades, se realizará la presentación de avances de los proyectos de investigación por cada equipo al resto del grupo, en donde se analizará de manera crítica el desarrollo de cada proyecto en función de la hipótesis, objetivos y métodos planteados. Esta sesión tiene el propósito de fortalecer la capacidad de análisis y crítica académica de los alumnos, y de fomentar las habilidades de presentación, explicación y defensa de los resultados obtenidos a través de los métodos aplicados por cada equipo, así como de la aceptación de la retroalimentación recibida al desarrollo de su investigación por parte de profesores y alumnos.

Al término del semestre se llevará a cabo la presentación de las investigaciones realizadas, los equipos expondrán al resto del grupo y profesores, los planteamientos, resultados, discusión y conclusiones de la investigación desarrollada, en la que se evaluará la habilidad de comunicación, capacidad de síntesis y análisis de los resultados obtenidos, en la exposición del trabajo.

Finalmente, cada equipo entregará un informe escrito de la investigación realizada, que será evaluado por los profesores del grupo y cuya estructura estará basada en la de un artículo científico: 1) Carátula del trabajo: Nombre de la investigación, nombre de los autores y del asesor; 2) Resumen y palabras clave; 3) Introducción, con inclusión de la justificación, hipótesis y objetivos; 4) Métodos y materiales, que incluye la descripción de la zona de estudio y las actividades o procesos realizados; 5) Resultados, uso de gráficos y tablas con la información básica; 6) Discusión, donde se busca contrastar los resultados con lo ya publicado y resaltar la información significativa generada durante la investigación; 7) Conclusiones, se resaltan los hallazgos del proyecto; y 8) Literatura citada, de acuerdo con APA.

PROYECTO GENERAL DE INVESTIGACIÓN

Tema de investigación

Diagnóstico ambiental en sistemas naturales o impactados por actividades humanas para la conservación y manejo de los recursos naturales.

Marco teórico

La ubicación biogeográfica de México y su topografía accidentada han favorecido el desarrollo de una biota diversificada rica en especies nativas con un alto grado de endemismo (De la vega, 2003), que se distribuye en una variedad de ecosistemas equiparable a casi todos los existentes en el planeta (Rzedowski, 2006), así como de una gran diversidad de cuerpos de agua. Sin embargo, esta riqueza natural no escapa a los



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	91 / 106

graves problemas ecológicos y ambientales actuales.

La perturbación de hábitats naturales por acciones antrópicas es un fenómeno global (Achard *et al.*, 2002). Entre las causas más importantes están la agricultura (Turner y Corlett, 1996) y la urbanización (Marzluff y Ewing, 2004), al provocar cambios en el uso de los suelos, deforestación, contaminación, abatimiento de recursos hídricos, entre otros, que, a su vez, afectan fuertemente a los ecosistemas y su biodiversidad (Martínez-Meyer *et al.*, 2014). En este sentido, la extinción de especies generalmente se asocia a la contaminación por actividad antrópica, aunado al abatimiento de los niveles de agua de los cuerpos lacustres y ríos y a la sobreexplotación, la sobrepesca y la introducción de especies exóticas, lo que ha provocado la pérdida de hábitats naturales de la fauna endémica (Conabio, 2008).

La planeación ambiental es un instrumento para establecer medidas para detener o revertir el deterioro de los ecosistemas y asegurar los servicios ambientales que proveen, necesarios para desarrollo sostenible de las comunidades que habitan cada región (Santibañez-Andrade *et al.*, 2015).

En este contexto, se hace relevante la realización de investigaciones en regiones o cuencas hidrológicas de elevada riqueza ecológica o con presencia de especies endémicas, en las que sea posible hacer estudios integrales para analizar el impacto antropogénico en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas naturales y modificados.

El enfoque de cuencas hidrológicas es pertinente para estas investigaciones por su carácter integrador, ya que se basa en la descripción de la gestión del agua que, como recurso de importancia vital para las poblaciones humanas, está ligado con el uso de la tierra, el clima, las características del suelo, la topografía, la geología, la vegetación y la fauna. El suministro mundial de agua dulce depende en gran medida de la capacidad de la población de regular el agua que llega a las tierras bajas desde las tierras altas. La seguridad alimentaria también depende en buena parte del agua y los sedimentos que llegan de las tierras altas. Una gestión inadecuada de las cuencas crea numerosos problemas. La deforestación, prácticas agrícolas inadecuadas en las laderas y el exceso de pastoreo pueden incrementar los escurrimientos, impedir la reposición de las fuentes de las montañas y generar torrentes estacionales que destruyen las parcelas de las tierras bajas. Las cuencas hidrológicas mal administradas pueden carecer de capacidad para soportar las lluvias torrenciales. Las corrientes de agua también son muy buenos vectores para la contaminación biológica y química industrial (FAO, 2007).

Asimismo, autores como Cotler (2010), identifican a las cuencas como un complejo mosaico de ecosistemas naturales y manejados, donde se ven los vínculos entre los territorios de las zonas altas y bajas y cuyas externalidades, transportadas por los cursos del agua, crean una conexión física entre poblaciones alejadas.

Bajo este panorama, los proyectos en desarrollo plantean investigaciones ecológicas en cuencas hidrológicas o regiones con riqueza de especies endémicas de México, para aportar los conocimientos científicos y biotecnológicos que conduzcan a lograr cultivos intensivos y actualizar el estatus normativo en su protección bajo la NOM-059-SENARNAT-2010 (Diario Oficial de la Federación, 2010). Asimismo, se desarrollan evaluaciones que permitan la caracterización de procesos de manejo o conservación de recursos y su espacialización a través de la aplicación de técnicas de teledetección y la incorporación y manejo de datos en sistemas de información geográfica.



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	92 / 106

Planteamiento del Problema

El LIF VI tiene como función básica introducir a los alumnos en los procesos de investigación científica en el campo de las ciencias biológicas. En ese sentido, el programa contempla la aplicación del método científico para seleccionar y desarrollar

temas de investigación en las cuatro áreas que lo componen: calidad ambiental, ecología, cuencas hidrológicas y sistemas de información geográfica.

En el ámbito didáctico-pedagógico, el desarrollo de estas investigaciones por parte de los estudiantes atiende la problemática de la formación de recursos humanos con habilidades para la aplicación del método científico al diagnóstico, planeación, manejo, conservación y restauración de los recursos de una manera sustentable.

Asimismo, proporciona habilidades profesionales para la aplicación en campo y laboratorio, de métodos y técnicas de diagnóstico ambiental en suelos y ecosistemas acuáticos, caracterización y monitoreo de vegetación y fauna; así como la aplicación de métodos de teledetección al monitoreo ambiental y el procesamiento de datos en sistemas de información geográfica para su espacialización o cartografía. Complementariamente, fortalece las habilidades de comunicación y difusión científica y la participación en eventos de intercambio académico.

Objetivos

Desarrollar diagnósticos ambientales integrales en regiones y cuencas, que consideren las relaciones ecosistémicas entre factores físicos (agua, suelo), bióticos (flora y fauna), geográficos (clima, litología, geomorfología) y antrópicos (población humana y actividad económica).

Fortalecer la capacidad científica y metodológica de los alumnos a través de la integración de los resultados generados en las investigaciones de las áreas que comprenden el LIF VI: Sistemas de Información Geográfica, Cuencas hidrológicas, Ecología y Calidad ambiental.

Identificar indicadores de calidad, conservación y deterioro de los recursos de la cuenca o región para aportar datos que permitan su manejo sustentable.

Aplicar los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para encontrar patrones fisiográficos, altitudinales, hídricos, edáficos y de distribución de vegetación y de especies de vertebrados.

Material y Métodos

El desarrollo de las investigaciones planteadas requiere de la aplicación de métodos y técnicas de trabajo en laboratorio y campo que se enlistan a continuación.

Investigación documental de métodos y técnicas de monitoreo ambiental y caracterización ecológica de vegetación y fauna.

Interpretación cartográfica.

Preparación de reactivos y soluciones para el diagnóstico de suelos a través del muestreo sistemático de rejilla utilizando la técnica de cuarteo.

Preparación de reactivos y soluciones para el diagnóstico de cuerpos de agua con el uso de



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	93 / 106

oxímetros, potenciómetros, botella toma muestras y disco de Secchi (APHA-AWWA-WPCF, 1992).

Muestreo georeferenciado de suelos y agua para su caracterización física, química y biológica, y de vegetación y fauna para su descripción, clasificación y distribución, con el uso de GPS, clisímetro y brújula.

El registro de datos en campo incluye la caracterización ecológica de los sitios de muestreo y la obtención de muestras y registro de datos in situ de elementos físicos, suelo y agua, así como elementos bióticos flora y fauna, y elementos socioeconómicos.

El muestro de mamíferos se realiza a través de métodos indirectos, registro de huellas, excretas, madrigueras, pelos de guardia y cadáveres a través de lampareos nocturnos, recorridos diurnos en transectos siguiendo los senderos en el interior del hábitat, restos orgánicos y donaciones de muestras por los pobladores. Las huellas encontradas se identificarán con ayuda de la guía de campo de Aranda (2012). Los pelos de guardia serán identificados siguiendo la guía de Monroy-Vilchis y Rubio-Rodríguez (2003). Para murciélagos y pequeños mamíferos se utilizan redes, trampas Sherman y pit fall, en todos los casos los organismos capturados se identifican en campo y se liberan en el lugar de trampeo.

En el muestreo de herpetofauna, una vez localizados los organismos se fotografían o videograban y se liberan, asimismo, se pregunta el nombre común a los pobladores. En todos los casos cuando algún animal muere se le da el tratamiento para ingresarlo a la colección respectiva de la FES Zaragoza.

Instalación de sistemas de cultivo de peces basados en la recirculación, con el uso de biotecnias para mantener altas calidades de agua mediante el empleo de biofiltros, lámparas UV aireación y el uso de probióticos en agua. Las dimensiones estarán acordes a las demandas propias de las especies estudiadas y capacidad de carga.

Diseño e implementación de “Áreas Blancas” (Castro *et al.*, 2001), para el cultivo de alimento vivo para larvas y crías de naturaleza depredadora.

Ambientación y adaptación a condiciones de cultivo de organismos silvestres de charal de la especie *Chirostoma jordani* y pez blanco *C humboldtianum* y del acocil *Cambarellus moctezumae*, capturados en Xochimilco, Ciudad de México y en la presa Queréndaro, y laguna de Zacapu Michoacán.

Diagnóstico de recursos naturales (vegetación, fauna, suelos y cuerpos acuáticos), con métodos de teledetección: interpretación de fotografías aéreas estereoscópicas y procesamiento de imágenes de satélite.

Manejo de plataforma Arc Gis y QGIS para el procesamiento y espacialización de datos en sistemas de información geográfica y la elaboración de cartografía.

Análisis estadístico de datos, elaborando gráficos y cuadros con información significativa de acuerdo con los objetivos de la investigación.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

Achard, F., Eva, H. D., Stibig, H. J., Mayaux, P., Gallego, J., Richards, T. and Malingreau, J. P. (2002). Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests. Science,



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	94 / 106

297:999–1002.

APHA-AWWA-WPCF. (1992). Standard Methods for Examination of Water-Wastewater. 18 edition. American Public Health Association. Washington E. U. 1010 p.

Aranda, M. (2012). Manual de rastreo de mamíferos silvestres de México. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad (Conabio). Ciudad de México, México.

Castro, M. G., Malpica, S. A., De Lara, A. R., Castro, M. J. y Castro, B. T. (2001). Técnicas de cultivo de especies planctónicas e invertebrados útiles para la acuicultura. Universidad Autónoma Metropolitana. México, D. F. 65 p.

CONABIO. (2008). Capital Natural de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. Volumen 1. Conocimiento actual de la biodiversidad. México D. F.

Cotler, Á. H. (2010). Las Cuencas Hidrográficas de México. Diagnóstico y Priorización. SEMARNAT, INE, México D. F.

De la Vega, S. Y. (2003). Situación de los peces dulceacuícolas en México. Ciencias: octubre-diciembre 72: 20-30.

SEMARNAT. (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. México.

FAO. (2007). La nueva generación de programas y proyectos de gestión de cuencas hidrográficas. Estudio FAO: Montes 150, Roma.

Martínez-Meyer, E., Sosa-Escalante, J. E. y Álvarez, F. (2014). El estudio de la biodiversidad en México: ¿una ruta con dirección? Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl. 85: S1-S9.

Marzluff, J. M. and Ewing, K. (2004). Restoration of fragmented landscapes for the conservation of birds: a general framework and specific recommendations for urbanizing landscapes. Restoration Ecology, 9:280–292.

Monroy-Vilchis, O. y Rubio-Rodríguez, R. (2003). Guía de mamíferos terrestres del Estado de México a través del pelo de guardia. Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México.

Rzedowski, J. (2006). Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

Santibañez-Andrade, G., Castillo-Argüero, S. y Martínez-Orea, Y. (2015). Evaluación del estado de conservación de la vegetación de los bosques de una cuenca heterogénea del Valle de México. Bosque, 36(2): 299-313.

Turner, I. M. and Corlett, R. T. (1996). The conservation value of small, isolated fragments of lowland tropical rain forest. Trends in Ecology and Evolution, 11:330–333.



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	95 / 106

Práctica 6. Análisis integral de los componentes de una cuenca y su diagnóstico ambiental y ecológico

En su carácter de unidad autónoma territorial para la gestión integrada de los recursos, la Cuenca Hidrológica es el escenario de las interrelaciones funcionales entre sus componentes, tales como, ubicación geográfica, gradientes altitudinales, orografía del terreno, climas presentes, cobertura vegetal, especies dominantes, tipo de suelo y minerales existentes, sistemas acuáticos, biodiversidad, y desde luego la actividad antrópica (Cotler, 2010), por esta razón, la realización de diagnósticos ambientales y ecológicos a nivel de cuenca, proporcionan información del grado de conservación, deterioro y funcionamiento de los ecosistemas y recursos naturales presentes en ellas.

Este diagnóstico permite conocer la interacción que ha tenido la población humana con los recursos bióticos y proponer alternativas de manejo y conservación de los mismos, por tal motivo esta práctica tiene el propósito de crear el ambiente de aprendizaje para que el alumno aplique los conocimientos adquiridos en la caracterización y diagnóstico integral de una cuenca, con base en indicadores ecológicos, geográficos y ambientales.

Las actividades teórico-prácticas a desarrollar fortalecerán la capacidad de integración de conocimientos de campo y de laboratorio en el alumno relacionadas con las cuatro áreas que componen esta asignatura, particularmente en el muestreo ecológico, la evaluación de la calidad ambiental, la descripción y conocimiento de la cuencas hidrológicas y la aplicación de sistemas de información geográfica en el manejo de los datos.

OBJETIVOS

Identificar los riesgos ambientales existentes en la cuenca, a partir de su diagnóstico ecológico y ambiental.

Conocer las interacciones sistémicas entre los elementos de la cuenca para sustentar propuestas de manejo y conservación ecológica.

FUNDAMENTO TEÓRICO

El Manejo Integrado de Cuencas (MIC) requiere del entendimiento de la dinámica de la cuenca y de cada uno de sus componentes, así como, del conocimiento, voluntad, capacidad de gestión y participación de los actores que intervienen en ella (Dourojeanni, 2006, Cruz *et al.*, 2015), estos elementos son imprescindibles para realizar un manejo integrado y sustentable de las mismas, desde las partes altas hacia las partes bajas. El MIC implica gestión “participativa e integrada”, con el compromiso de la población local (López, 2014).

Una perspectiva analítica ecosistémica en el manejo integrado de cuencas, se basa en el conocimiento del balance hidrológico de la misma, y en evaluar el papel funcional de los elementos de la cuenca, como el gradiente altitudinal y su relación con la cubierta vegetal en la captación del agua por infiltración, el tipo de suelo y propiedades como la composición textural y el relieve como elementos determinantes en favorecer la infiltración o los escurrimientos y el grado de perturbación y actividades productivas antrópicas en la captación y calidad del agua de la cuenca.



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	96 / 106

En este contexto, adquiere gran valor la visión ecológica para integrar los aportes de cada elemento de la cuenca en su dinámica y tener la capacidad de identificar las disfunciones provocadas por la actividad antrópica, que llevan a la reducción de la capacidad de infiltración y almacenamiento en los mantos acuíferos o a la pérdida de agua por escorrentía debido a la disminución de la cubierta vegetal, o al impacto en las comunidades o poblaciones de especies animales y vegetales que reducen la oportunidad para la conservación.

MATERIAL Y REACTIVOS

No se requiere

EQUIPO

Computadora con software de acceso libre (QGIS).

SERVICIOS

Electricidad

Acceso a internet

PROCEDIMIENTO

A partir de los resultados obtenidos en las prácticas de campo y laboratorio, integrar en un SIG la descripción de las cuencas existentes en la zona de estudio y realizar un diagnóstico hidrológico con los cálculos de coeficientes de escorrentía y el coeficiente de escorrentía promedio, así como con el volumen infiltrado al suelo por unidad de tiempo. Elaborar el mapa de coeficientes de escorrentía, y con base en los coeficientes de escorrentía ponderados, estimar el volumen medio de agua escurrido.

Formular un análisis de los elementos que integran las cuencas, su relación con el comportamiento hidrológico y su capacidad de producción de agua e identificar y describir los problemas ambientales existentes en la zona de estudio.

RESULTADOS

El alumno entregará un informe de la práctica que deberá contener lo siguiente: título, introducción, objetivos, material y métodos, resultados, discusión, conclusión y referencias citadas de acuerdo con APA.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

Cotler, A. H. (Coordinadora). (2010). Las cuencas Hidrológicas en México. Diagnóstico y Priorización. D. F., México, SEMARNAT, INE y LAP.

Cruz, R. B., Gaspari, F. J., Rodríguez, V. M A., Carrillo, G. M. F. y Téllez, L J. (2015). Análisis



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE
DOCENCIA
MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA VI



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	97 / 106

morfométrico de la cuenca hidrográfica del río Cuale, Jalisco, México. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, 64: 26-34.

Dourojeanni, A. (2006). Conceptos y Definiciones sobre Gestión Integrada de Cuencas. CONAMA, Santiago de Chile. 26 p.

López, B. (2014). Análisis del manejo de cuencas como herramienta para el aprovechamiento sustentable de recursos naturales. Revista Chapingo, Serie Zonas Áridas (XIII, núm 2): 39-45.



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	28/06/2022	#5	98 / 106

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Los criterios para la evaluación del Laboratorio de Investigación formativa VI son los siguientes:

PRÁCTICAS BÁSICAS

CRITERIO	VALOR %
El alumno debe contar por lo menos con 80% de asistencia para tener derecho a la calificación correspondiente.	
Informes de prácticas y avances parciales	15
Trabajo y desempeño en el laboratorio, presentación de bitácora, trabajo de campo y actitud colaborativa	10
TOTAL	25

Todas las unidades de aprendizaje se evalúan con los mismos criterios.

Al final, se promediarán las unidades de aprendizaje, a estas les corresponde el 25% de la calificación total del laboratorio.

PROYECTO DE DOCENCIA-INVESTIGACIÓN

Al proyecto de docencia-investigación le corresponde el 75% del total de la calificación y comprende los siguientes rubros:

CRITERIO	VALOR %
El alumno debe contar por lo menos con 80% de asistencia para tener derecho a la calificación correspondiente.	
Trabajo y desempeño en laboratorio, bitácora, manejo de técnicas y métodos, análisis de resultados, manejo de software, entre otros.	25
Trabajo y desempeño en campo, cumplimiento del reglamento de salidas al campo y custodia de muestras.	25
Informe escrito del proyecto de docencia-investigación, presentación oral de anteproyecto, avance y final del proyecto, interrogatorio, actitud colaborativa y capacidad de respuesta en laboratorio y en campo.	25
TOTAL	75

Todas las unidades deberán tener calificación igual o mayor a 6 para aprobar el laboratorio.



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	14/02/2022	#5	99 / 106

REGLAMENTO DE LABORATORIO

PRESENTACIÓN

La finalidad de los trabajos que se presentan en los laboratorios es apoyar los procesos de enseñanza-aprendizaje mediante la experimentación sistemática y organizada, por lo que este reglamento tiene el objeto de proporcionar un mejor aprovechamiento de los recursos existentes en la formación académica y seguridad de todos.

Reglamento aprobado por el Comité Académico de Carrera en su Sesión Ordinaria del 27 de febrero de 1996. **Actualizado el 09 de marzo de 2017.**

I. NORMAS DE TRABAJO O CONDICIONES GENERALES.

1. **El uso de batas** durante las sesiones de laboratorio y estancias **es obligatorio**.
2. Queda estrictamente prohibido fumar, introducir o consumir alimentos o cualquier tipo de bebida.
3. Muestras o material biológico que se coloquen en anaqueles, mesas, refrigeradores y estufas, deberán ser etiquetados correctamente, de acuerdo con el Sistema de Gestión de Calidad de laboratorios (**SGC**).
4. Soluciones preparadas, colorantes, reactivos, etc. deben ser etiquetados con todas sus especificaciones (nombre de la sustancia, concentración, fecha de preparación, caducidad, práctica o técnica, nombre del asesor y del alumno que lo preparó).
5. Durante la primera semana de cada mes se hará una revisión de mesas, anaqueles, refrigeradores y estufas, las muestras que no tengan identificación serán desechadas.
6. Los reactivos sobrantes de las prácticas se entregarán al profesor o se colocarán en la mesa lateral debidamente etiquetados para ser llevados al Centro de Acopio.
7. El sitio de trabajo debe quedar limpio después de la sesión de trabajo.
8. Antes de salir del laboratorio, asegurarse de que no estén abiertas las llaves de agua o gas de tarjas, mesas y campanas. Asimismo, revisar que ningún equipo quede funcionando, a menos que ello sea necesario.
9. Cuando se manejen ácidos o sustancias tóxicas volátiles se usará la campana de extracción, misma que deberá de quedar limpia después de usarla.
10. **NO** deberá guardar los reactivos que se proporcionen para el desarrollo de la práctica ya que el uso es para todos, ni solicitarlos con más de dos horas de anticipación.
11. Prohibida la entrada a los INTERLABORATORIOS de toda persona ajena.
12. El material devuelto al interlaboratorio, deberá estar limpio y seco.
13. El material deteriorado por los alumnos deberá reponerse en una semana, de lo contrario, el comodato será remitido a la Secretaría Técnica, para la sanción correspondiente.
14. El horario de servicio de los interlaboratorios se encontrará expuesto en las ventanillas de



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	14/02/2022	#5	100 / 106

cada laboratorio, en caso de que el servicio se encuentre suspendido se deberá informar a la Secretaría Técnica, quien procederá a reanudar el servicio.

15. En caso de que el equipo de laboratorio no funcione, deberá reportarse de inmediato al asesor y al Secretario Técnico para su revisión.

16. El equipo de laboratorio y campo podrá usarse hasta que esté seguro de su manejo o con ayuda del asesor.

17. Cada grupo de trabajo deberá contar con el material básico que se enlista al final, éste no será proporcionado por el interlaboratorio.

18. Para el material y equipo de campo, deberá hacer la solicitud por lo menos con 24 horas de anticipación en un horario de 10:00 a 14:00 y de 16:00 a 18:00 h.

19. El material y equipo de campo deberá entregarlo limpio y en buen estado, a más tardar 24 horas después de la práctica, en caso contrario, el alumno se hará acreedor a una suspensión temporal del servicio.

20. Al término del semestre se tendrá acceso a los laboratorios solamente las dos semanas siguientes al término de este, después de esa fecha el laboratorio se mantendrá cerrado hasta el inicio de clases del siguiente semestre (excepto el L-304).

21. Al inicio del semestre, se asignarán gavetas a los equipos de alumnos de cada grupo. Los que se harán responsables de ellas hasta el final del semestre.

22. Cada equipo de trabajo mantendrá únicamente la gaveta que le fue asignada y no podrá tomar ninguna otra, aunque esté desocupada.

23. Desocupar y dejar limpias las gavetas a más tardar al finalizar la segunda vuelta de exámenes finales del semestre respectivo, en caso contrario se abrirán y el material que se encuentre, pasará a formar parte de la Carrera.

24. Durante la realización del inventario, no se dará servicio de préstamo de material, para lo cual 8 días antes se colocará un letrero comunicando el periodo de inventario para que sea prevista cualquier necesidad.

25. El alumno está obligado a cubrir todos los requisitos solicitados, antes de cualquier salida a campo, en caso contrario no podrá participar en la práctica.

26. Los profesores y los laboratoristas están autorizados a reprender a los alumnos que cometan desmanes o hagan mal uso de las instalaciones o del equipo.

27. No se prestará material ni equipo a los alumnos en ausencia del profesor correspondiente.

28. Se deberá trabajar únicamente en el horario asignado al grupo. Cuando la práctica requiera de más tiempo, el profesor informará a la Secretaría Técnica.

29. Se podrá proporcionar material adicional sólo en 3 ocasiones durante la práctica.



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	14/02/2022	#5	101 / 106

II. NORMAS PARA EL PRÉSTAMO DE MATERIAL

1. Se tramitará la credencial de laboratorio al inicio del semestre, la convocatoria se publicará con 15 días de anticipación. No habrá prórroga.
2. El préstamo será personal, no se podrá solicitar material con credencial de otra persona.
3. El préstamo de material, equipo y reactivos para los alumnos será **EXCLUSIVAMENTE CON LA CREDENCIAL DE LABORATORIO** y con el comodato debidamente autorizado.
4. La solicitud de préstamo de reactivos, material y de reactivos **ESPECIALES**, deberán contener todos los requisitos que indica el comodato.
5. Solicitud que no presente datos completos, no será atendida (Nota: en la sección de reactivos, favor de colocar la cantidad real de consumo).
6. Al recibir el material solicitado, verificar que se encuentre en buenas condiciones y en caso contrario, hacer las aclaraciones.
7. La autorización del material, equipo y reactivos será de la siguiente forma:
 - a) Autorización por un plazo no mayor a 12 horas, con firma del profesor responsable del grupo o de la práctica.
 - b) Autorización por un plazo mayor a 24 horas con firma del profesor responsable del grupo o de la práctica y del Secretario Técnico e indicar la fecha de entrega.
8. El préstamo de material a los profesores será por medio de comodato y credencial. Si los profesores son externos a la carrera, se requiere de autorización de la Secretaría Técnica. En ambos casos se especificará la fecha de entrega y área de ubicación.

MATERIAL QUE NO PROPORCIONA EL INTERLABORATORISTA

- Espátula.
- Manguera p/mechero y vacío.
- Estuche de disección.
- Papel seda p/lentes de microscopio.
- Varilla de vidrio. Diferentes tamaños (agitadores).
- Portaobjetos.
- Cubreobjetos.
- Brocha pequeña.
- Etiquetas.
- Botellas de plástico de 1000 y 500 mL.



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	14/02/2022	#5	102 / 106

- Rejilla con tela de asbesto.

III. REFERENTE A SANCIONES

1. El comodato se remitirá a la Secretaría Técnica y se suspenderá el Servicio por una semana cuando:

- a) sobrepasen la fecha de entrega de material y no hayan solicitado la renovación de autorización.
- b) cuando no realicen el trámite de credencial y no la recojan en las fechas establecidas.
- c) el material de campo no se haya entregado después de 24 horas de haber regresado de la práctica de campo.
- d) Cuando el alumno no ha devuelto los reactivos y equipo, el mismo día que los solicitó.

2. Se suspenderá el servicio totalmente cuando el alumno sea reincidente.

La finalidad de este Reglamento es proporcionar un mejor aprovechamiento de los recursos existentes en la formación académica y seguridad de todos, por lo que, si existe alguna anomalía en el servicio no considerada en este Reglamento, favor de comunicarla a la Secretaría Técnica o Jefatura de Carrera.



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	14/02/2022	#5	103 / 106

MANEJO DE RESIDUOS

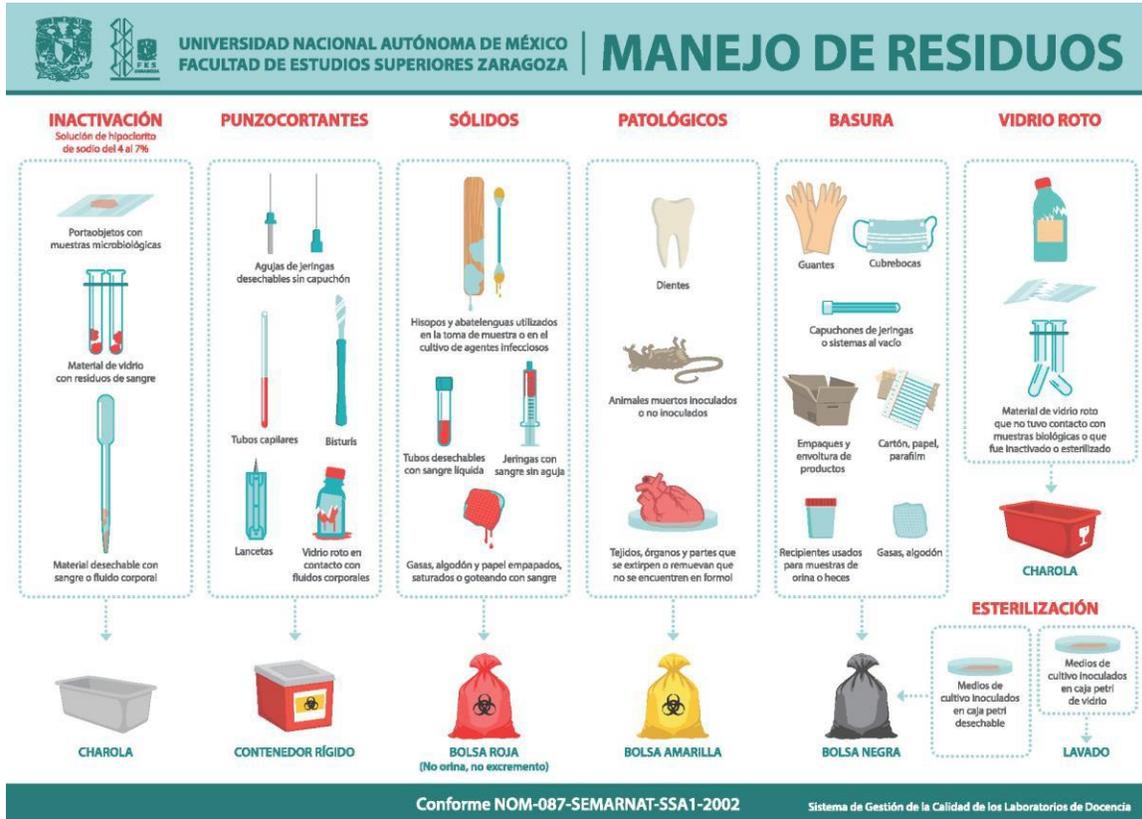
Los residuos químicos derivados de las prácticas deben etiquetarse como lo muestra la siguiente figura, además de colocarlos en el área de color amarillo destinada en cada laboratorio.



El sobrante de suelos no contaminados deberá colocarse en el contenedor amarillo en el laboratorio, éste se localizará en el área amarilla. Los suelos contaminados o altamente alcalinos serán colocados en bolsas y sellados. La bolsa deberá estar etiquetada señalando su procedencia.



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	14/02/2022	#5	104 / 106



El confinamiento de los residuos punzocortantes será de acuerdo a la presente figura, los contenedores rojos deben mantenerse en el área de residuos en la sección roja. Las bolsas rojas y amarillas deben solicitarse al interlaboratorio y en su defecto a la coordinación del ciclo.



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	14/02/2022	#5	105 / 106

CONTROL DE CAMBIOS



	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML06	14/02/2022	#5	106 / 106

Registro de cambios a manuales de laboratorio

Carrera:	Biología
Módulo/ asignatura/ unidad de aprendizaje:	Laboratorio de Investigación Formativa VI
Nombre del manual:	Manual del Laboratorio de Investigación Formativa VI

Página	Nombre de la práctica, proyecto o experimento o apartado	Cambio solicitado	Justificación del cambio u observaciones
7 a 74	Las 8 prácticas de las 4 Unidades	Renombrar y ajustar todas las prácticas a los contenidos del Programa analítico vigente de LIF VI	El Manual no estaba estructurado de acuerdo al Programa analítico vigente de LIF VI
8-74	Las 8 prácticas de las 4 Unidades	Ajuste de citas y referencias bibliográficas al formato APA	En el Manual se pide que el alumno refiera las citas en el formato APA y el documento no se ajustaba a esto
8	Práctica 1 Caracterización de cuencas por interpretación de cartografía temática	Desaparición de esta práctica e incorporación de las dos prácticas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) que indica el Programa analítico de LIF VI	Estructurar el Manual de acuerdo al Programa analítico de LIF VI
18	Práctica 3. Ecología y conservación de mamíferos terrestres	Actualización de la práctica y adecuación de sus contenidos a Ecología y conservación de vertebrados mamíferos terrestres como modelo de estudio	Estructurar el Manual de acuerdo al Programa analítico de LIF VI
56	Práctica 6. Calidad del suelo	Incorporar en la práctica correspondiente, en la nueva versión del Manual, actividades ilustradas con Figuras y Cuadros	Incrementar las actividades de aprendizaje e ilustrarlas con Cuadros y Figuras para facilitar el aprendizaje
69	Práctica 7. Análisis integral de los componentes de una cuenca y su relación con el balance hidrológico	Reubicación de esta práctica al final del Manual como Práctica 6. Análisis integral de los componentes de una cuenca y su relación con el balance hidrológico	Estructurar el Manual de acuerdo al Programa analítico de LIF VI y mantener la práctica porque ha mostrado un importante beneficio en la formación académica y profesional de los alumnos