



República de Honduras
Secretaría de Educación

**BACHILLERATO TÉCNICO PROFESIONAL EN
INNOVACIÓN Y DESARROLLO AGROFORESTAL
BTP-IDA**

MANUAL DE
**MANEJO SOSTENIBLE DE LOS
RECURSOS NATURALES**



UNDÉCIMO

ANTECEDENTES

La Red de Institutos Técnicos Comunitarios (Red ITC) es una Asociación Civil, con duración indefinida, sin fines de lucro, apolítica, no gubernamental, con personalidad jurídica, con domicilio en el municipio de Yamaranguila, departamento de Intibucá, que tiene como misión contribuir al desarrollo educativo, social-cultural, productivo y ambiental, a fin de mejorar la calidad de vida de sus habitantes, y se rige por las leyes aplicables de la República de Honduras.

La Red ITC tiene como objetivos a) Brindar servicios educativos de calidad (formal y no formal) vinculados al contexto local, regional y nacional, b) Establecer alianzas estratégicas para la implementación de procesos educativos, c) Promover en los hogares de las zonas de influencia educación alimentaria nutricional con capacidad Resilientes mediante una producción diversificada y escalonada d) Reducir los índices de migración interna y externa de personas, promoviendo opciones productivas y empresariales que garanticen su bienestar personal, familiar, comunitario y regional. e) Tema Red y Gestión de Riesgo, como elemento de la calidad educativa para garantizar los procesos de formación y servicios de la Red ITC, f) Promoción de la atención del migrante retornado a través de la generación de oportunidades de formación y asociatividad. Para el desarrollo de sus objetivos, la Red ITC se regirá bajo la coordinación y supervisión de Secretaría de Estado en el Despacho de Educación.

La alianza institucional entre RED ITC y HELVETAS SWISS INTERCOOPERATION se implementó en el periodo 2008-2014 en Proyecto EDUCAR “Educación para el desarrollo económico local”, a través del cual se desarrolló e implementó el “Modelo EDUCAR” el cual, desde los institutos miembros de la RED ITC, fomenta en los y las jóvenes una cultura emprendedora y les permite desarrollar las competencias requeridas para insertarse con éxito en el desarrollo económico de sus comunidades. El modelo Educativo Comunitario EDUCAR se insertó en los programas curriculares de los bachilleratos técnicos profesionales (BTP) en Desarrollo Agropecuario y Gestión Agroforestal. Los cuales, fueron evaluados y oficializados por la Secretaría de Educación en enero de 2014, mediante el acuerdo 033- SE -2014

A partir del año 2015 la Red ITC junto a Helvetas Swiss Intercooperation a través del proyecto EDUCAR Plus se generaron oportunidades de formación profesional que permitieron a jóvenes que no estudiaban ni trabajaban (NINIs), la oportunidad de desarrollar competencias facilitando el acceso a espacios de inserción laboral promoviendo así la formación integral de jóvenes motores del desarrollo económico local, impulsados desde los institutos de educación media miembros de la Red ITC, de acuerdo a la demanda del mercado laboral.

La oferta educativa en el sector agroforestal en el país tiene su origen con el Programa de Apoyo a la Enseñanza de la Educación Media en Honduras (PRAEMHO) como una respuesta a la situación imperante en el país en el 2007 propuso el abordaje de la educación agroforestal mediante dos nuevos bachilleratos: El Bachillerato Técnico Profesional en Agricultura y el

Bachillerato Técnico Profesional en Administración Forestal. Sin embargo, en el 2014 la Red de Institutos Técnicos Comunitarios (ITC), a partir de la experiencia de la implementación del modelo educativo comunitario educar genera mediante el acuerdo 033- SE -2014 el Bachillerato Técnico Profesional en Desarrollo Agropecuario y el Bachillerato Técnico Profesional en Gestión Agroforestal.

Además, en el año 2014 surge la necesidad de que las cinco (5) Escuelas Agrícolas del país ofrezcan una oferta formativa diferenciada a sus educandos, por lo tanto, se aprueba el Bachillerato en Producción y Desarrollo Agropecuario sobre la base del BTP en Desarrollo Agropecuario. Posteriormente se aprueba el Bachillerato Técnico Profesional en Agroindustria y el Bachillerato Técnico Profesional en Agricultura con orientación en café, sumando una oferta de siete carreras del sector agroalimentario.

La Secretaría de Educación, en colaboración con Red ITC, anuncia oficialmente el lanzamiento de las dos mallas curriculares de formación técnica profesional, según acuerdo N° 0538 SE-2023. BTP en Innovación y Desarrollo Agroforestal para los institutos técnicos del sector agroalimentario y BTP en Desarrollo Agroempresarial para las escuelas agrícolas.

PRESENTACIÓN

La estructuración del nuevo diseño curricular del sector agroforestal se basa en los lineamientos del Plan de Refundación de la Educación, que propone “un sistema educativo orientado a un modelo de desarrollo sostenible”, relevante y pertinente para empoderar a las poblaciones locales y fortalecer el desarrollo comunitario.

El Bachillerato Técnico Profesional en Innovación y Desarrollo Agroforestal (BTP-IDA) y BTP en Desarrollo Agroempresarial representa una oportunidad estratégica para que los jóvenes participen activamente en la transformación productiva de sus territorios, integrando el conocimiento técnico con prácticas sostenibles, el aprovechamiento racional de los recursos naturales y la innovación en los sistemas agroforestales.

Esta propuesta educativa reconoce el valor del enfoque agroforestal como vía para generar mayor productividad, diversificación de ingresos y resiliencia ambiental. A través de la implementación de buenas prácticas en agricultura, manejo forestal y conservación de ecosistemas, los estudiantes desarrollan capacidades que no solo impulsan la economía regional, sino que también contribuyen a la seguridad alimentaria, la sostenibilidad de las cadenas de valor y el bienestar de las comunidades.

La oferta curricular del BTPIDA y BTPDA está organizada de forma modular y basada en competencias, tomando como referencia el Catálogo Nacional de Perfiles Profesionales de Honduras. Su visión es formar una nueva generación de profesionales capaces de impulsar el desarrollo económico y social de sus comunidades, mediante el uso eficiente de tecnologías apropiadas, la innovación local y el compromiso con la protección del medio ambiente.

Se espera que este material contribuya significativamente al logro de los objetivos de formación del BTP del sector agroalimentario y que se convierta en una guía útil y accesible para docentes y estudiantes comprometidos con el desarrollo de sus territorios.

Esperamos que este material, desarrollado para el módulo de **Manejo Sostenible de Recursos Naturales** del plan de estudios del **Bachillerato Técnico Profesional en Innovación y Desarrollo Agroforestal**, cumpla con las expectativas de formación de los estudiantes y se convierta en un instrumento clave para que los docentes puedan realizar su trabajo de manera eficiente. A través de este manual, los estudiantes estarán mejor preparados para enfrentar los desafíos ambientales y promover un desarrollo sostenible en sus comunidades.

CONTENIDO

<u>INTRODUCCIÓN A LOS RECURSOS NATURALES</u>	11
1.1. RECURSOS NATURALES	11
1.2. IMPORTANCIA DE LA VALORACIÓN ECONÓMICA Y SOCIAL DE LOS RECURSOS NATURALES	12
1.3. RESERVAS DE BIOSFERA.	14
 <u>CUENCAS HIDROGRÁFICAS</u>	 19
2.1. CONCEPTOS, IMPORTANCIA Y CLASIFICACIÓN	19
2.2. PARTES Y DIVISIONES DE CUENCAS	21
2.3. DIAGNÓSTICO DE CUENCAS	22
2.4. MITIGACIÓN DE DAÑOS EN CUENCAS	25
2.5. CATEGORÍAS DE CAUDALES Y REPRESAS	27
2.6. GEORREFERENCIACIÓN Y MAPEO DE CUENCAS	33
2.7. JUNTAS ADMINISTRADORAS DE AGUAS (FUNCIONES, REGISTROS CONTABLES)	35
 <u>BOSQUES</u>	 44
3.1. CONCEPTUALIZACIÓN, IMPORTANCIA Y CLASIFICACIÓN	44
3.2. PROTECCIÓN FORESTAL (PREVENCIÓN DE INCENDIOS, PROTECCIÓN DE LA REGENERACIÓN NATURAL, PLAGAS Y ENFERMEDADES)	48
3.3. IMPORTANCIA DE LA VALORACIÓN DEL BOSQUE (CAPTURA DE CARBONO, BIENES Y SERVICIOS FORESTALES, AGROTURISMO)	56
3.4. VOLÚMENES DE MADERA (PIE, ROLLO, TABLAR)	59
3.5. CERTIFICACIÓN FORESTAL	63
3.6. IMPORTANCIA DEL MANEJO INTEGRADO Y SOSTENIBLE DEL BOSQUE	65
 <u>SUELOS</u>	 70
4.3. COMPONENTES Y PROPIEDADES DEL SUELO	73
4.4. PROPIEDADES Y SALUD DEL SUELO DE LA FINCA MODELO	76
4.6. PRINCIPIOS DE AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE SUELOS	87
4.7. NUTRICIÓN Y FERTILIDAD DEL SUELO	94
4.8. OBRAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS (BARRERAS VIVAS, BARRERAS MUERTAS)	99
 <u>GLOSARIO</u>	 110
 <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	 112
 <u>CREDITOS</u>	 115

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Recurso biótico (árbol) Tomado de (RED ITC, 2024). _____	12
Ilustración 2: Recurso abiótico (agua) tomado de (Sánchez, 2024). _____	12
Ilustración 3: Energía renovable eólica tomado de (REVE, 2025). _____	12
Ilustración 4: Uso de los recursos naturales, tomado por (Cárcamo, 2024). _____	13
Ilustración 5. Cuenca, Río Lempa. _____	19
Ilustración 6: Estudiante realizando análisis del agua a la microcuenca de San Francisco, Lempira, tomado por (Sanchez, 2024). _____	20
Ilustración 7. Agua de cuencas para el uso ganadero. _____	20
Ilustración 8. Partes y divisiones de las cuencas. _____	21
Ilustración 9. Estudiantes del IGTC “Jacobo Orellana”, realizando la práctica de aforo del agua, tomado por (Díaz, 2024). _____	21
Ilustración 10. Etapas de un diagnóstico y recolección de información , tomado por (RED ITC, 2014). _____	24
Ilustración 11. Proceso de manejo de cuencas hidrográficas, tomado por (RED ITC, 2014). _____	24
Ilustración 12. Proceso de elaboración de planes de manejo de microcuenca, tomado por (ENCC, 2012). _____	25
Ilustración 13. Cuenca, río patuca, Honduras, tomado de (Lobo, 2021). _____	27
Ilustración 14. Método de estimación rápida aproximada, tomado de (FAO, 2019). ¡Error! Marcador no definido.	
Ilustración 15. Método de estimación rápida aproximada, tomado de (FAO, 2019). _____	30
Ilustración 16. Método de estimación rápida aproximada, tomado de (FAO, 2019). _____	30
Ilustración 17. Método de estimación rápida aproximada, tomado de (FAO, 2019). _____	30
Ilustración 18. Método del flotador, tomado de (FAO, 2019). _____	31
Ilustración 19. Método del flotador, donde medir, tomado de (FAO, 2019). _____	31
Ilustración 20. Método del flotador, anchura media, tomado de (FAO, 2019). _____	32
Ilustración 21. Método del flotador, profundidad media, tomado de (FAO, 2019). _____	32
Ilustración 22. Mapa de microcuenca que conforman la subcuenca del lago de Yojoa, Honduras, tomado por (Campos, 2016). _____	34
Ilustración 23. Reunión de una junta de agua, tomado por (Mancomunidad Trinacional Fronteriza Rio Lempa, 2017). _____	35
Ilustración 24. Integración de la junta directiva o comité de agua, tomado por (Mancomunidad Trinacional Fronteriza Rio Lempa, 2017). _____	36
Ilustración 25. Funciones y obligaciones del comité de agua, tomado por (Mancomunidad Trinacional Fronteriza Rio Lempa, 2017). _____	37
Ilustración 26. Funciones y responsabilidades de las juntas administradoras de agua, tomado por (Mancomunidad Trinacional Fronteriza Rio Lempa, 2017). _____	38
Ilustración 27. Bosque de Honduras, tomado de (COUSAS, 2015). _____	44
Ilustración 28. Pico bonito, la rica reserva de Honduras tomado de (Diarioroatan, 2021). _____	46
Ilustración 29. Campaña de reforestación de especies locales, en San Francisco, Lempira, tomado de (Díaz, 2024). _____	48
Ilustración 30. Control de incendios forestales tomado de (ICF, 2020). _____	49
Ilustración 31. Efectos socioeconómicos de los incendios forestales, tomado de (RED ITC, 2014). _____	50
Ilustración 32. Efectos ecológicos de los incendios forestales, tomado de (RED ITC, 2014). _____	51
Ilustración 33. Regeneración natural, tomado de (ICF, 2018). _____	54
Ilustración 34. Categorías de daño de las plagas sobre las especies forestales. _____	54

Ilustración 35. Larva de <i>Hypsipyla grandella</i> , tomado de (Dueñas, 2022). _____	55
Ilustración 36. Plagas forestales, tomado de (CFV, 2014). _____	56
Ilustración 37. Reservorios de carbono, tomado de (ITTO, 2015). _____	57
Ilustración 38. Agroturismo. _____	58
Ilustración 39. Cinta métrica. _____	59
Ilustración 40. Metro. _____	59
Ilustración 41. Exportación de madera, tomado de (Lobo, 2021). _____	60
Ilustración 42. Pie tablar, tomado de (Mamani, 2017). _____	60
Ilustración 43. Medición del árbol en pie, tomado de (Mamani, 2017). _____	61
Ilustración 44. Cubicación de la madera en troza, tomado de (Mamani, 2017). _____	62
Ilustración 45. Cubicación de la madera aserrada, tomado de (Mamani, 2017). _____	62
Ilustración 46. Proceso de certificación forestal, tomado de (ICF, 2023). _____	63
Ilustración 47. Manejo integrado y sostenible del bosque, tomado de (ICF, 2022). _____	65
Ilustración 48. Preparación de suelos, tomado de (Carcamo, 2024). _____	70
Ilustración 49. Componentes del suelo, tomado de (Carolagos, 2020). _____	70
Ilustración 50. Interpretación de la calicata, tomado de (Sánchez, 2024). _____	71
Ilustración 51. Horizontes del suelo, tomado de (RED ITC, 2014). _____	72
Ilustración 52. Componentes del suelo, tomado de (Sánchez, 2024). _____	73
Ilustración 53. Colores del suelo, tomado de (RED ITC, 2014). _____	75
Ilustración 54. Propiedades del suelo, tomado de (Sánchez, 2024). _____	76
Ilustración 55. Reducida cantidad de partículas medianas y finas. Predominan los terrones. _____	80
Ilustración 56. Adecuada distribución de partículas medianas y pequeñas. Pocos terrones. _____	80
Ilustración 57. Adecuada distribución de partículas medianas, pequeñas y finas. Presencia terrones. _____	80
Ilustración 58. Hay algunos macroporos entre los agregados, se observa compactación. _____	81
Ilustración 59. Hay muchos macroporos entre los agregados, se nota buena estructura del suelo. _____	81
Ilustración 60. No se ven macroporos. Estructura compactada cuya superficie se rompe formando cara angular. _____	81
Ilustración 61. Superficie color claro, difiere un poco con el suelo bajo el cerco aunque no mucho. _____	82
Ilustración 62. Suelo significativamente color más claro al comparar con suelo bajo la línea del cerco. _____	82
Ilustración 63. Superficie del suelo color oscuro, no difiere mucho con el suelo bajo el cerco. _____	82
Ilustración 64. Ausencia de moteado. _____	83
Ilustración 65. Motas pequeñas y medianas color naranja y gris en un rango de 10-25%. _____	83
Ilustración 66. Abundantes motas medianas, más del 50% color anaranjado predomina color gris. _____	83
Ilustración 67. Compactación muy desarrollada en la parte inferior del suelo. No hay macroporos. _____	85
Ilustración 68. Empieza a notarse compactación en la parte inferior del suelo. Estructuras con pocos poros, de fácil fractura. _____	85
Ilustración 69. No hay compactación. Estructura y poros muy visibles claramente. _____	85
Ilustración 70. Superficie cubierta completamente por residuos. _____	86
Ilustración 71. Superficie cubierta parcialmente entre 30 y 50% por residuos. _____	86
Ilustración 72. Superficie completamente descubierta. _____	86
Ilustración 73. Más de 60 centímetros. _____	87
Ilustración 74. Menos de 30 centímetros. _____	87
Ilustración 75. De 30 a 60 centímetros. _____	87
Ilustración 76. Incorporación de cobertura de suelos; residuos de cosecha, tomado por (Carcamo, 2024). _____	88
Ilustración 77. Estudiantes del IGTC “Jacobo Orellana” realizando la labranza cero para el establecimiento de un cultivo de maíz, tomado por (Carcamo, 2024). _____	91
Ilustración 78. Rotación y diversificación de cultivos en la finca modelo del IGTC “Jacobo Orellana”, tomado por (Carcamo, 2024). _____	92

Ilustración 79. Nutrición y fertilidad de los suelos. _____	94
Ilustración 80. Eficiencia de disolución de fertilizantes a diferente acidez del suelo. _____	97
Ilustración 81. Rango para la interpretación del pH del suelo. _____	97
Ilustración 82. Rango de medición del pH tomado por (RED ITC, 2014). _____	98
Ilustración 83. Suelos ácidos tomado por (RED ITC, 2014). _____	98
Ilustración 84. Suelos alcalinos tomado por (RED ITC, 2014). _____	99
Ilustración 85. Pasos para construir el nivel A. _____	100
Ilustración 86. Medidas del nivel A. _____	101
Ilustración 87. Distancia entre obras físicas según la pendiente del terreno. _____	103
Ilustración 88. Uso de barreras vivas (valeriana) en el IGTC “Jacobo Orellana”, tomado por (Cárcamo, 2024). _____	104
Ilustración 89. Estudiantes implementando las barreras muertas, tomado por (RED ITC, 2024). _____	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valoración económica total (VET) de los ecosistemas. _____	13
Tabla 2. Herramientas o plataformas digitales sugeridas. _____	17
Tabla 3. Criterios de evaluación. _____	17
Tabla 4. Metodología y evaluación. _____	18
Tabla 5. Técnicas para recolectar información. _____	23
Tabla 6. Objetivos y lineamientos estratégicos para la adaptación del recurso hídrico (ENCC, 2012). _____	26
Tabla 7. Medidas de adaptación del recurso hídrico (ENCC, 2012). _____	26
Tabla 8. Existen varios tipos de secciones de aforo _____	29
Tabla 9. Métodos para medir el caudal de agua de arroyos o canales. _____	29
Tabla 10. Cualidades de los miembros del comité de agua. _____	36
Tabla 11. Funciones y responsabilidades de las juntas administradoras de agua y saneamiento/comité de agua y saneamiento. _____	38
Tabla 12. Reglamento de uso y manejo de sistema de agua. _____	39
Tabla 13. Tipo de especies predominantes según el tipo de bosque. _____	47
Tabla 14. Composición de la Corteza terrestre. _____	71
Tabla 15. Beneficios de la AC. _____	88
Tabla 16. Aportes de los diferentes tipos de coberturas permanentes del suelo. _____	90
Tabla 17. Calibración del agro-nivel o nivel A. _____	101

INTRODUCCIÓN

En Honduras, los recursos naturales son pilares esenciales para el desarrollo económico, social y ambiental del país. Desde las numerosas cuencas hidrográficas que sustentan nuestras principales fuentes de agua potable, hasta los bosques que albergan una biodiversidad invaluable y los suelos fértiles que sostienen nuestra agricultura, cada uno de estos recursos representa una riqueza que debemos cuidar y gestionar responsablemente. En este contexto, el modelo EDUCAR, promovido por Red ITC conformada por 28 institutos de educación media, busca formar jóvenes emprendedores y comprometidos con la sostenibilidad ambiental y el desarrollo integral de sus comunidades.

Este manual ha sido diseñado como una herramienta didáctica para docentes, con el propósito de facilitar la enseñanza de conceptos clave relacionados con los recursos naturales. A través de este documento, se busca que los educadores puedan transmitir de manera clara y efectiva la importancia de conservar, valorar y manejar estos recursos de forma sostenible, adaptando el contenido al contexto local y fomentando un aprendizaje significativo entre los estudiantes.

En la primera unidad, se introduce el concepto de recursos naturales y se destaca su valor económico y social, con ejemplos relevantes a su entorno. La segunda unidad profundiza en las cuencas hidrográficas, abordando su clasificación, diagnóstico y las medidas necesarias para mitigar daños, considerando la realidad de las comunidades locales y los desafíos del manejo de agua en el país.

La tercera unidad explora los bosques, enfatizando su rol en la captura de carbono, la provisión de bienes y servicios, y la promoción del agroturismo como una oportunidad para el desarrollo rural en Honduras. Finalmente, la cuarta unidad aborda los suelos, destacando prácticas de conservación adaptadas a la agricultura sostenible y métodos para preservar la fertilidad y la salud del suelo en fincas modelo.

Este manual representa el compromiso de la Red ITC con la educación orientada al desarrollo sostenible. Al proporcionar herramientas prácticas y pedagógicas, buscamos empoderar a los docentes para que guíen a las nuevas generaciones hacia un futuro donde los recursos naturales de Honduras sean gestionados con responsabilidad y visión a largo plazo.

UNIDAD DE COMPETENCIAS: Desarrollar procesos de producción agropecuaria y forestal de manera sostenible

OBJETIVO GENERAL DEL MODULO:

HORAS DEL ESPACIO CURRICULAR: 120 horas

RESULTADOS DE APRENDIZAJE:

- RA1. Evaluar la importancia económica y social de los recursos naturales en su comunidad mediante el uso de herramientas digitales de recolección y análisis de datos.
- RA2. Caracterizar las principales microcuencas de la comunidad utilizando sistemas de información geográfica.
- RA3. Demostrar conocimiento en manejo integrado y sostenible del bosque, utilizando técnicas de protección y conservación forestal.
- RA4. Aplicar principios de conservación y restauración de suelos, utilizando las buenas prácticas agrícolas-forestales (SAF, AC, Diversificación y 4R).

1

UNIDAD

INTRODUCCIÓN A LOS RECURSOS NATURALES

Se denominan recursos naturales a aquellos bienes materiales y servicios que proporciona la naturaleza sin alteración por parte del ser humano, y que son valiosos para las sociedades humanas por contribuir a su bienestar y desarrollo, ya sea de manera directa (materias primas, minerales, alimentos) o indirecta (servicios ecológicos) (RED ITC, 2014).

1.1. Recursos naturales

Estos recursos pueden utilizarse para satisfacer las necesidades vitales, tanto del ser humano como del resto de los seres vivos. Esto último es importante, ya que, al hablar de recursos naturales, solemos olvidarnos del resto de los seres vivientes del planeta que también los necesitan.

1.1.1. Clasificación de los recursos naturales

Los recursos naturales que proporciona el medio ambiente pueden ser de distintos tipos:

- Recursos Bióticos
- Recursos Abióticos
- Recursos Renovables
- Recursos No Renovables

- Recursos Bióticos

Son todos los organismos vivos existentes en un ecosistema, que interactúan entre sí y se clasifican en autótrofos, heterótrofos y descomponedores. Como ejemplos, podemos mencionar un árbol, un insecto, un ave, entre otros.



Estos recursos son los que nos brinda la naturaleza, los cuales el hombre utiliza, para producir bienes y servicios, y que se regeneran siempre y cuando se exploten de manera racional, de lo contrario podrían convertirse en recursos no renovables. (RED ITC, 2014).

Ilustración 1: Recurso biótico (árbol) Tomado de (RED ITC, 2024).

- **Recursos Abióticos**

Es el conjunto de componentes que determinan el espacio físico en el cual habitan los seres vivos. Estos pueden ser tanto físicos como químicos, como la energía solar, el suelo, el agua y el aire.



Ilustración 2: Recurso abiótico (agua) tomado de (Sánchez, 2024).

- **Recursos Renovables**

Son aquellos recursos que, una vez utilizados, se restauran mediante procesos naturales en periodos de tiempo relativamente cortos. Algunos recursos renovables, como la energía solar, la eólica o la energía de los mares, son inagotables a escala humana, ya que, por intensivo que sea su uso, siempre están disponibles. (RED ITC, 2014).



Ilustración 3: Energía renovable eólica tomado de (REVE, 2025).

- **Recursos No Renovables**

Los recursos naturales no renovables son aquellos cuyos procesos de formación toman miles o millones de años, por lo que su regeneración es prácticamente nula. Su explotación desmedida puede provocar su agotamiento. Por ejemplo, los minerales como el hierro y los combustibles fósiles como el carbón o el petróleo.

1.2. Importancia de la valoración económica y social de los recursos naturales

Los recursos naturales no tienen un precio calculable monetariamente debido a su importancia y la utilidad que brindan a la humanidad en general. Sin embargo, existen programas orientados

a crear conciencia sobre la necesidad de realizar contribuciones económicas para su manejo sostenible, con el objetivo de mantenerlos disponibles en el tiempo y el espacio.

Tal es el caso de la compensación o los pagos por servicios ambientales, que son instrumentos económicos diseñados para ofrecer incentivos que permitan la continuidad de servicios ambientales (ecológicos) que benefician a la sociedad en su conjunto.

El Valor de Uso (VU) se refiere a los beneficios que se obtienen del uso de un recurso, generalmente asociado a la existencia de un mercado. Este se puede desglosar en tres categorías principales: el Valor de Uso Directo (VUD), el Valor de Uso Indirecto (VUI) y el Valor de Opción o de Uso Futuro (VO). (RED ITC, 2014).



Ilustración 4: Uso de los recursos naturales, tomado por (Cárcamo, 2024).

Tabla 1. Valoración económica total (VET) de los ecosistemas.

VALORES DE USO		VALORES DE NO USO	
Valores de uso directo	Valores de uso indirecto (Valores funcionales)	Valores de opción u opción de uso futuro	Valores de existencia o de Herencia
Productos: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pesca ▪ Leña ▪ Recreación ▪ Transporte ▪ Pastoreo 	Beneficios: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Control de crecientes o inundaciones ▪ Protección de tormentas ▪ Soporte externo 	Un individuo puede tener incertidumbre por la demanda o disponibilidad de un recurso en el futuro.	Beneficios que los individuos derivan solamente de saber que el ecosistema ha sido preservado.
Métodos de Valoración: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Análisis de Mercados ▪ TCM; CVM ▪ Precios Hedónicos ▪ Precios Públicos ▪ Costos de Reposición 	Métodos de Valoración: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Costos de evitar los Daños ▪ Gastos Preventivos ▪ Valoración de Cambios en Productividad ▪ Costos de Relocalización ▪ Costos de Reposición 	Métodos de Valoración: <ul style="list-style-type: none"> ▪ ICM ▪ CVI ▪ CVM 	Métodos de Valoración: <ul style="list-style-type: none"> ▪ CVM

Donde:

- ICM : Modelos de Escogencia Individual
- CVI : Valoración Condicional de la Información
- CVM : Métodos de Valoración Contingente
- TCM : Método de Costos de Viaje

Los recursos naturales adquieren valor en la medida en que son capaces de satisfacer necesidades humanas. Por lo tanto, su valoración depende de cómo se posicionan en las escalas de preferencias de los individuos, independientemente de que exista o no un mercado para ellos. (RED ITC, 2014).

1.3. Reservas De Biosfera.

Las reservas de biosfera son áreas reconocidas por la UNESCO dentro del programa “El Hombre y la Biosfera” (MAB), que buscan armonizar la conservación de la biodiversidad con el desarrollo sostenible y la investigación científica. Estas zonas están diseñadas para fomentar:

- La conservación de ecosistemas y especies
- La investigación científica y el monitoreo ambiental
- La educación ambiental y el ecoturismo
- La participación comunitaria en el manejo de recursos

Las reservas se dividen en tres zonas:

- Núcleo: área de protección estricta.
- Zona de amortiguamiento: permite actividades sostenibles como la agricultura ecológica.
- Zona de transición: interacción directa con comunidades y actividades económicas.

Características principales

- Tienen zonas núcleo, de amortiguamiento y de transición.
- Protegen ecosistemas frágiles y especies en peligro.
- Involucran a las comunidades locales en su gestión.
- Promueven prácticas productivas sostenibles.



Ilustración 5. Reserva de Biósfera del Río Plátano (tunota.com, 2022)

Funciones

- Conservación de la biodiversidad, los ecosistemas y los paisajes.
- Desarrollo sostenible a través del uso responsable de los recursos.
- Apoyo logístico para investigación, monitoreo y educación ambiental.

Reservas de Biosfera de Honduras: Enumeración y Descripción.

Honduras, como parte del programa “El Hombre y la Biosfera” (MAB) de la UNESCO, cuenta con varias reservas de biosfera que buscan equilibrar la conservación de la riqueza natural con la participación de las comunidades y el desarrollo sostenible. A continuación, se enumeran y describen las principales reservas de biosfera del país:

1. Reserva del Hombre y la Biosfera Río Plátano

Ubicada en el departamento de Gracias a Dios, en la región de La Mosquitia, esta reserva es la más reconocida de Honduras y fue declarada Patrimonio Mundial de la Humanidad por la UNESCO. Abarca una vasta extensión de selva tropical, humedales, ríos y montañas, lo que la convierte en un refugio para una extraordinaria diversidad biológica y cultural.

- Biodiversidad: Alberga especies emblemáticas como el jaguar, el tapir y el guacamayo rojo, así como una gran variedad de flora y fauna endémica.
- Cultura: Es hogar de comunidades indígenas como los miskitos, tawahkas, pech y garífunas, quienes participan activamente en la gestión y conservación de la reserva.
- Zonificación: Incluye una zona núcleo estrictamente protegida, zonas de amortiguamiento y áreas de transición donde se promueven prácticas productivas sostenibles.
- Importancia: Protege ecosistemas frágiles, fomenta la investigación científica y contribuye al desarrollo sostenible local.

2. Reserva de Biosfera Cacique Lempira, Señor de las Montañas

Esta reserva abarca zonas de los departamentos de Lempira, Intibucá y La Paz, en el occidente de Honduras. Se extiende sobre una región montañosa que forma parte de la Cordillera de Celaque.

- Biodiversidad: Destaca por sus bosques nublados, hábitat de especies en peligro como el quetzal y el jaguar.
- Cultura: Es territorio ancestral de pueblos indígenas lencas, quienes han conservado tradiciones y prácticas respetuosas con el entorno.
- Zonificación: Presenta zonas núcleo, de amortiguamiento y de transición donde se integran actividades agrícolas sostenibles y turismo ecológico.
- Importancia: Contribuye a la conservación de fuentes de agua, paisajes montañosos y la protección de la identidad cultural local.

3. Reserva de Biosfera Transfronteriza Trifinio Fraternidad

Esta reserva es compartida por Honduras, El Salvador y Guatemala, en la región conocida como Trifinio, donde convergen las fronteras de los tres países.

- Biodiversidad: Abarca bosques nublados, montañas y ríos que son el hogar de especies tanto de flora como de fauna de gran valor ecológico.

- Cultura: La zona es habitada por comunidades rurales dedicadas a la agricultura, que trabajan en proyectos de conservación y uso sostenible de los recursos.
- Zonificación: Incluye áreas estrictamente protegidas y zonas de transición para actividades productivas compatibles con la conservación.
- Importancia: Fomenta la cooperación regional en la protección del medio ambiente y la promoción de prácticas sostenibles entre los tres países.

Importancia de las Reservas de Biosfera en Honduras

Estas reservas no solo protegen ecosistemas únicos y especies en peligro, sino que también involucran a las comunidades locales en su gestión y fomentan el desarrollo sostenible. Sirven como áreas de referencia para la investigación científica, la educación ambiental y la promoción de prácticas responsables con el entorno.

En resumen, las reservas de biosfera de Honduras representan un compromiso con la conservación de la naturaleza y el bienestar de las comunidades, siendo ejemplos vivos de cómo es posible armonizar la protección del patrimonio natural y cultural con el progreso sostenible.

ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE PERTINENTES SUGERIDAS

1. Clasifica e identifica los recursos naturales
2. Realizan investigaciones sobre los recursos naturales existentes en su comunidad usando los Instrumentos de investigación.
3. Analizan videos del uso y manejo de los recursos naturales y aplican conocimientos en charlas y murales sobre la importancia que tiene el buen uso de los recursos naturales.
4. Enlistan los recursos renovables y no renovables de su comunidad a través de instrumentos de investigación para buscar soluciones en aquellos que son viables y que están a su alcance.

HERRAMIENTAS O PLATAFORMAS DIGITALES SUGERIDAS

Tabla 2. Herramientas o plataformas digitales sugeridas.

Nombre de la herramienta	Utilización
▪ GPS	Georreferenciar y tomar puntos de interés.
▪ Google Forms	Crear formularios interactivos donde los estudiantes clasifiquen los recursos naturales según su tipo (renovables, no renovables) y los identifiquen según el contexto de su comunidad.
▪ Padlet	Una herramienta interactiva donde los estudiantes pueden agregar imágenes, texto y enlaces sobre los recursos naturales de su comunidad, facilitando la clasificación visual.
▪ YouTube	Para ver videos educativos sobre el manejo de recursos naturales.
▪ Google Sheets o Microsoft Excel	Para crear una hoja de cálculo donde los estudiantes puedan listar los recursos renovables y no renovables, clasificarlos y buscar soluciones.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Evaluar la importancia económica y social de los recursos naturales en su comunidad mediante el uso de herramientas digitales de recolección y análisis de datos.

Tabla 3. Criterios de evaluación.

CE1.1 Explica la importancia de los recursos naturales para la economía de Honduras
CE1.2 Clasifica los recursos naturales de acuerdo al sistema de producción.

CE1.3 Aplica criterios técnicos para valoración económica y social de los recursos naturales de acuerdo al contexto de su comunidad

CE1.4 Describe la valoración económica y social de los recursos naturales según el tipo de especies imperantes.

METODOLOGÍA Y EVALUACIÓN

La metodología es una serie de procesos, técnicas y métodos que utiliza el docente para poder transferir los conocimientos a sus estudiantes. Debido a la gran cantidad de técnicas, procedimientos y métodos que se usan para enseñar, es necesario que el docente pueda seleccionar la técnica, el método o el procedimiento que le permita lograr los objetivos propuestos en contenido o tema dado.

Recuerde que esto no es una camisa de fuerza ni un recetario. Por el contrario, esto nos permite crear, desarrollar habilidades y destrezas y seleccionar el mejor proceso para un mayor aprendizaje en nuestros estudiantes.

La metodología sugerida en esta unidad se detalla a continuación.

Tabla 4. Metodología y evaluación.

Metodología	Evaluación
<p>1. Clasificación e identificación de los recursos naturales</p> <ul style="list-style-type: none">Investigación colaborativa: Los estudiantes trabajan en equipos, utilizando herramientas digitales como Google Forms o Padlet para clasificar los recursos naturales.Discusión guiada: Se les guía a través de ejemplos locales para que clasifiquen los recursos, considerando su relevancia para la comunidad.Presentación visual: Los estudiantes crean presentaciones utilizando herramientas como Canva o PowerPoint para exponer sus hallazgos.	<ul style="list-style-type: none">Precisión en la clasificación de los recursos naturales (renovables vs. no renovables).Participación en el trabajo en equipo y uso adecuado de herramientas digitales.Presentación visual: Evaluación de la claridad y creatividad de las presentaciones realizadas.

Es el territorio o espacio de terreno delimitado por cerros, partes elevadas y montañas, que conforman una red de drenaje superficial. Ante la presencia de precipitaciones, esta red genera el escurrimiento de un río, que conduce sus aguas hacia un río más grande, otro río principal, un lago o el mar. Sus límites están definidos por divisorias de aguas, que separan las zonas adyacentes pertenecientes a otras cuencas fluviales o pluviales (FAO, 2019).

2.1. Conceptos, importancia y clasificación

Honduras tiene 25 cuencas Hidrográficas, siendo estas: Islas de la Bahía, Omoa, Laguna de los Micos, San Juan Cuero, Perla, Patuca, Chamelecón, Tinto o Negro, Humuya, Plátano, Ribra, Ceales, Nakunta, Kruta, Coco Segovia, San Pile, Guascoran, Lempa, Islas Cayos Pacíficos, Guayape, Higuito, Cangrejal, Choluteca, Ulúa, Motagua, Cuyamel, Lean, Lis Lis, El Aguan, Nacaome y el río El Sico (USAID, 2017).



Ilustración 6. Cuenca, Río Lempa.

Una cuenca es toda área drenada por una corriente o un sistema de corrientes, cuya agua converge en un punto de salida. La definición de cuenca no establece límites respecto a la extensión de su superficie, por lo que, según su tamaño, puede clasificarse como:

- Subcuenca
- Cuenca mayor
- Cuenca menor
- Microcuenca, entre otras.

2.1.1. Importancia de las cuencas

Las cuencas tienen gran importancia, ya que constituyen el espacio geográfico donde el ser humano interactúa con el medio ambiente. Todo lo que sucede dentro de los límites de una

cuenca es relevante, ya que la disponibilidad, calidad y permanencia de sus recursos naturales dependen del uso y manejo que se les dé. El agua, el suelo, los bosques y demás recursos bióticos son insumos esenciales para la vida de numerosas comunidades rurales, que obtienen alimentos, bienes y servicios a partir de ellos (CONAFOR, 2023).

2.1.2. Clasificación de cuencas

Por su tamaño geográfico, pueden ser:

- Grandes $> 100\text{km}^2$
- Medianas, entre 50 km^2 y 100 km^2
- Pequeñas $\leq 50\text{km}^2$

Los conceptos de pequeñas cuencas o microcuencas pueden ser relativos al momento de desarrollar acciones. Por ello, se recomienda utilizar criterios consensuados entre comunidades o unidades territoriales manejables desde el punto de vista hidrográfico (Blogger, 2016).

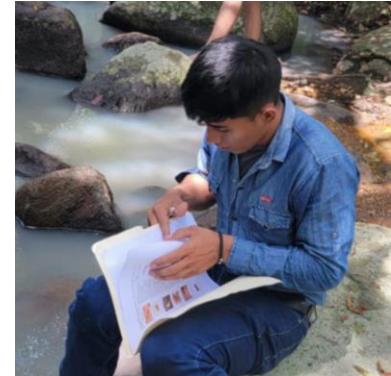


Ilustración 7: Estudiante realizando análisis del agua a la microcuenca de San Francisco, Lempira, tomado por (Sanchez, 2024).

Por su ecosistema: Según el medio o el ecosistema en la que se encuentran, establecen una condición natural, así tenemos:

- Cuencas áridas
- Cuencas tropicales
- Cuencas húmedas
- Cuencas frías

Por su objetivo: Por su vocación de capacidad natural de sus recursos, objetivos y características, las cuencas pueden denominarse:

- Hidroenergéticas
- Para agua poblacional
- Agua para riego
- Agua para navegación
- Ganaderas
- De uso múltiple



Ilustración 8. Agua de cuencas para el uso ganadero.

Por su relieve: Considerando el relieve y accidentes del terreno, las cuencas pueden ser denominadas.

- Cuencas planas
- Cuencas de alta montaña

- Cuencas accidentadas o quebradas

2.2. Partes y divisiones de cuencas

En nuestro país el manejo de Cuencas Hidrográficas se rige por la Ley Forestal de Áreas Protegidas y Vida Silvestre según decreto 98-2007, especialmente en el capítulo IV Conservación de Suelos y Aguas, artículo 120-125 (Ley Forestal Areas Protegidas y Vida Silvestre, 2007).



Ilustración 9. Partes y divisiones de las cuencas.

2.2.1 Sub cuenca hidrográfica

Es toda aquella área que desarrolla su drenaje directamente al curso principal de la cuenca. Varias subcuenas forman una cuenca.

2.2.2 Microcuenca

Es una pequeña área abastecedora de agua que desemboca a una sub cuenca. Es una parte de terreno, delimitado por las partes altas de las montañas donde el agua de la lluvia se concentra y se consume en el suelo, para salir después por un cauce principal y desembocar en una fuente abierta como una quebrada, río o lago.



Ilustración 10. Estudiantes del IGTC “Jacobo Orellana”, realizando la práctica de aforo del agua, tomado por (Díaz, 2024).

Las microcuenas son importantes, porque además de convertirse en zonas “productoras o captadoras” de agua, regulan y favorecen las condiciones del clima, producen oxígeno, sirven de casa para muchas formas de vida vegetal y animal, además de ser el lugar donde el hombre habita y realiza todas sus actividades productivas (Blogger, 2016).

2.2.3. Zonas de una cuenca hidrográfica

- **Zona de recarga hídrica (zona alta):** Es el lugar donde se produce la mayor infiltración del agua, debido a la abundancia de lluvias en la zona, y en ocasiones a la presencia de neblinas; razón por la cual, deberá permanecer siempre forestada, para permitir la infiltración del agua. Es la parte alta de la cuenca destinada únicamente a la protección de los recursos naturales para garantizar la calidad y cantidad de agua.

Los bosques en las cabeceras de las cuencas cubren una importante función reguladora, debido a que controlan la cantidad y temporalidad del flujo del agua, protegen a los suelos de la erosión, preservan la degradación de los ríos, y reducen la pérdida de fertilidad en las laderas (Galvez, 2017).

- **Zonas de transporte (zona media):** Generalmente, en las partes medias de la cuenca, donde los caudales se concentran en las épocas de lluvia o son las que mantienen el flujo sub-superficial en épocas secas. En esta zona los caudales adquieren gran velocidad, tanto por los volúmenes, como por la pendiente de los cauces de los ríos. (Galvez, 2017).
- **Zonas de descarga (zona baja):** Conforman las llanuras, zonas bajas, generalmente con superficies planas o casi planas. Son las que se conectan con otros ríos o con los ecosistemas marinos adyacentes y en algunos casos y tienen conexión con los manglares. Entre las actividades socioeconómicas más productivas, asociadas a estos ecosistemas están las forestales, pesqueras y turístico-recreativas. (Galvez, 2017).

2.3. Diagnóstico de cuencas

Dirigido a conocer las características, potencialidades, oportunidades, interacciones problemas, causas, consecuencias y soluciones a los problemas de una cuenca hidrográfica, interpretando cómo funciona este sistema, desde el punto de vista biofísico, socioeconómico y ambiental. Permite determinar el estado actual de la cuenca o micro cuenca, considerando su capacidad natural y las tendencias de las intervenciones humanas sobre los recursos naturales y el ambiente (INIFAT, 2023).

2.3.1. Características del diagnóstico de la cuenca

El diagnóstico debe ser integral, descriptivo, cualitativo, cuantitativo, dinámico, evolutivo, interpretativo, proyectivo, indicativo, explicativo, preventivo y debe permitir conocer cuáles son los problemas, limitantes, restricciones, la vocación, oportunidades y capacidades de la cuenca.

2.3.2. Propósitos del diagnóstico

- Conocer cómo funciona la cuenca y como se valoran sus características y cualidades.
- Conocer la vocación o capacidad de uso o soporte de la cuenca o microcuenca
- Determinar y valorar la problemática, conflictos y limitantes.
- Analizar las causas y consecuencias de los problemas.
- Identificar y valorar las alternativas de solución de los problemas y las formas de enfrentar las limitantes.
- Identificar las estrategias para superar las restricciones, conflictos y problemas.
- Determinar la línea base de referencia para monitorear las intervenciones.

Tabla 5. Técnicas para recolectar información.

Técnicas para recolectar información	Herramientas
<ul style="list-style-type: none">▪ Conversación informal con actores de la comunidad▪ Entrevistas y cuestionarios▪ Observación directa▪ Informantes claves▪ Estudios de casos▪ Sondeos▪ Talleres participativos▪ Revisión de información secundaria	<ul style="list-style-type: none">▪ Priorización de problemas▪ Mapa de servicios▪ Línea del tiempo▪ Mapa de recursos naturales y uso de la tierra▪ Calendario estacional de actividades▪ Análisis de beneficios▪ Mapa de finca▪ Sistema de información geográfica

2.3.3. Etapas de un diagnóstico

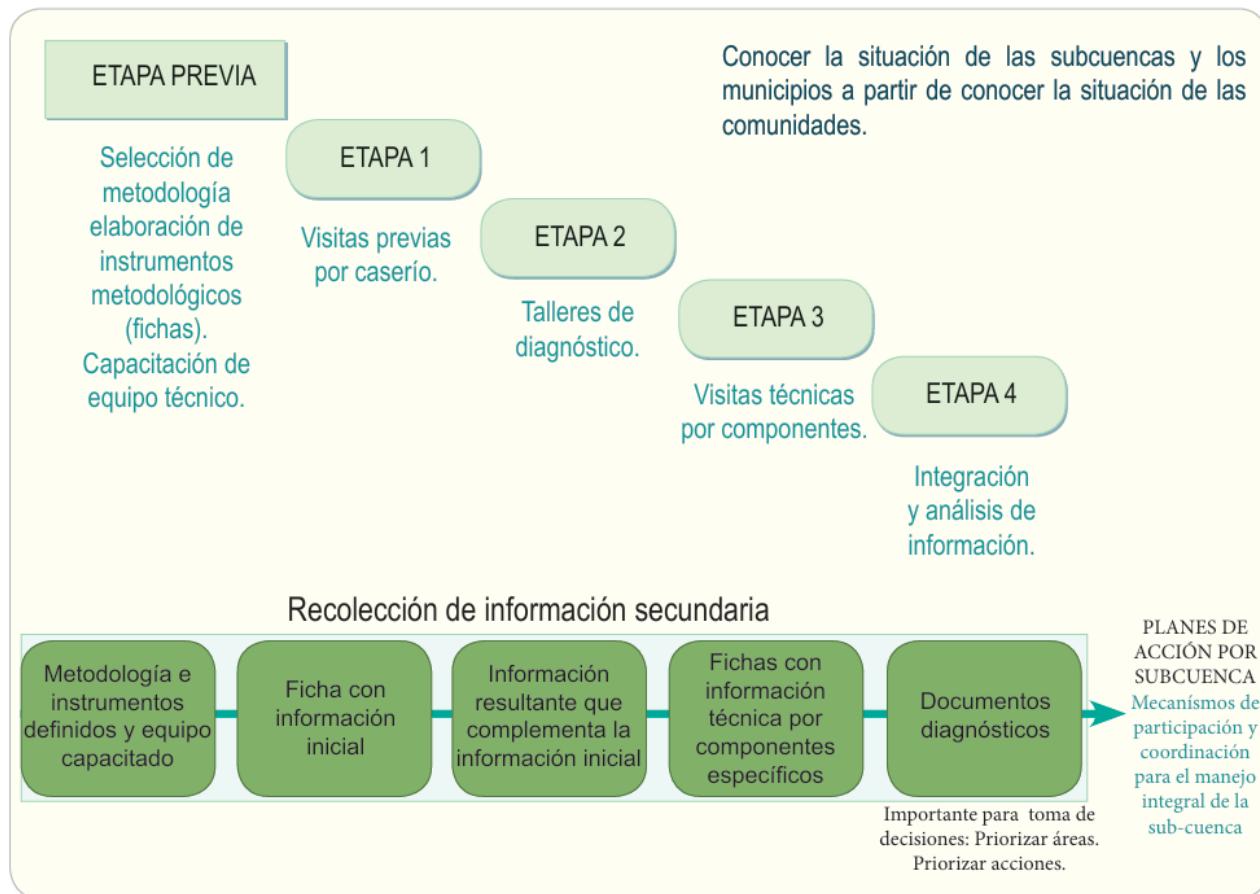


Ilustración 11. *Etapas de un diagnóstico y recolección de información , tomado por (RED ITC, 2014).*

2.3.4. Proceso de manejo de Cuencas hidrográficas

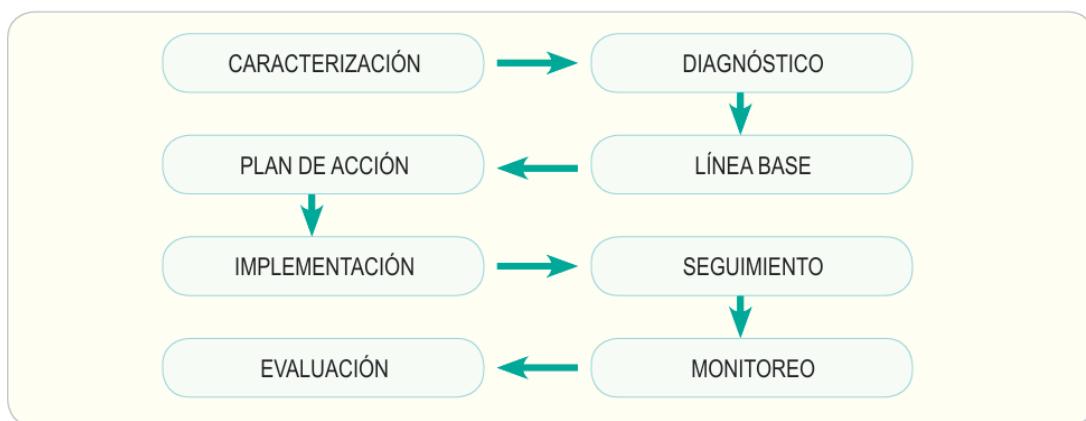


Ilustración 12. *Proceso de manejo de cuencas hidrográficas, tomado por (RED ITC, 2014).*

2.4. Mitigación de daños en cuencas

La mitigación de daños en cuencas se refiere a las estrategias y acciones implementadas para minimizar los impactos negativos que las actividades humanas o eventos naturales pueden tener en los ecosistemas de las cuencas hidrográficas. Este enfoque busca proteger recursos como el agua, el suelo, la biodiversidad y la estabilidad de los paisajes en estas áreas (ENCC, 2012).

Para contribuir a la disminución de la degradación ambiental a través del manejo adecuado del recurso hídrico y a la prevención de desastres dentro de la cuenca mediante acciones estratégicas focalizadas se utiliza el Plan de Manejo para mitigar daños en nuestras cuencas (ENCC, 2012).

2.4.1. Proceso de elaboración de Planes de Manejo de Microcuenca (PMMC)

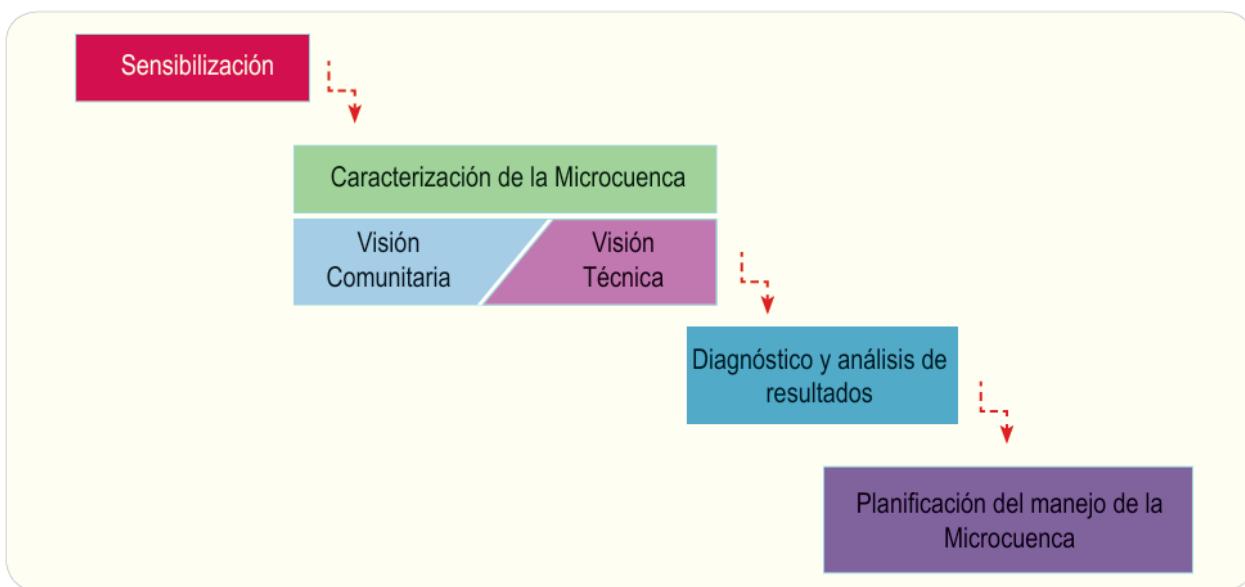


Ilustración 13. Proceso de elaboración de planes de manejo de microcuenca, tomado por (ENCC, 2012).

Tabla 6. Objetivos y lineamientos estratégicos para la adaptación del recurso hídrico (ENCC, 2012).

Objetivos Estratégicos	Lineamientos estratégicos
RECURSOS HÍDRICOS	
1. Reducir los impactos de las sequías más frecuentes e intensas por reducción de la precipitación, y reforzar el reaprovisionamiento de acuíferos	<p>1.1. Desarrollar una gestión integrada del recurso hídrico, a fin de asegurar la disponibilidad del recurso especialmente en la época seca, incluyendo la protección de las fuentes de agua.</p> <p>1.2. Crear los mecanismos de sensibilización pública y de desarrollo tecnológico, para el fomento y adopción de sistemas y prácticas de uso apropiado y aprovechamiento eficiente del agua en todos sus usos</p> <p>1.3. Fortalecer las prácticas de manejo de las cuencas hidrográficas con un enfoque integrado, para asegurar la regulación hídrica y por tanto, la capacidad de reaprovisionamiento natural de los acuíferos.</p> <p>1.4. Promover el uso sostenible de la tierra a nivel de cuencas hidrográficas, según la vocación de los suelos y un adecuado ordenamiento territorial, favoreciendo la regulación hídrica bajo condiciones de cambio climático.</p>
2. Reducir la alteración de los caudales ecológicos, considerando los efectos del cambio climático sobre los sistemas fluviales.	<p>2.1. Evitar la alteración de los caudales naturales de los ríos, mediante prácticas de manejo que permitan la reproducción biológica, la movilidad de individuos y el aprovisionamiento de alimentos</p> <p>2.2. Implementar prácticas de conservación del suelo en sistemas forestales y agrícolas, para disminuir la erosión, y azolvamiento de cauces y embalses.</p>
3. Prevenir y evitar el desmejoramiento de la calidad del agua, a causa de contaminantes.	<p>3.1. Incorporar prácticas agrícolas, industriales y domiciliares, encaminadas a reducir la cantidad de contaminantes que llegan a los cuerpos de agua, para evitar afectaciones en la sostenibilidad de los caudales.</p>

Tabla 7. Medidas de adaptación del recurso hídrico (ENCC, 2012).

Medidas de Adaptación
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reevaluación del balance hídrico nacional considerando las proyecciones de la reducción de la lluvia, conforme a los modelos nacionales de cambio climático. ▪ Monitoreo cuidadoso de las tendencias en la precipitación e identificación de las cuencas prioritarias, de mayor propensión a déficits estructurales y coyunturales en la disponibilidad neta de agua.

- Desarrollar embalses para el almacenamiento de agua en las cuencas prioritarias, que provean agua para usos múltiples y regulación hídrica, para disminuir los impactos de los déficits estructurales y coyunturales del agua.
- Dar preferencia a una estrategia de desarrollo de múltiples medianos y pequeños reservorios, distribuidos según requerimientos de agua en varias cuencas hidrográficas, evitando la concentración en una sola cuenca.
- Desarrollar esquemas de captación de aguas lluvia e integrarlos en los diseños y construcción de nuevas edificaciones.
- Reactivar el Sistema Nacional de Observación Hidrometeorológica, generando reportes a las instituciones del sector hídrico y a la DNCC para el monitoreo de las tendencias de los caudales y la conducta de los acuíferos.
- Mejorar el monitoreo de las tendencias climáticas y desarrollar y establecer SATS en prevención de la sequía.
- Crear conciencia en todos los usuarios sobre la necesidad de conservar adecuadamente el agua en todos sus usos, mediante programas nacionales de concienciación, sensibilización y educación.
- Diversificar y ampliar las fuentes para empleo del agua, en relación con el uso eficiente.
- Dimensionar la construcción de represas tomando en cuenta las tendencias climáticas y sus impactos en el abastecimiento de agua.
- Ampliar la reutilización de las aguas residuales tratadas.
- Desarrollar tecnologías para la utilización de los recursos subterráneos de agua.
- Aumentar el número y eficiencia de los sistemas de riego agrícola.
- Implementar prácticas de mantenimiento de la humedad en el suelo.
- Asegurar la aplicación de los criterios de calidad del agua en las operaciones de riego agrícola.
- Evitar la sobreexplotación de agua de los acuíferos.
- Evitar la salinización del suelo por riego con aguas subterráneas en zonas de intrusión salina.
- Identificar las zonas de recarga de acuíferos en las cuencas, para la protección de la cobertura vegetal del suelo en éstas.
- Instaurar la protección estricta de las cuencas altas.
- Asegurar que los patrones de uso del suelo en las zonas de recarga de acuíferos no resulten en la limitación de la misma.
- Proveer protección especial a ecosistemas que se encuentran en zonas de alta capacidad de reaprovisionamiento de acuíferos.
- Implementar un sistema nacional de pago por servicios ambientales.

2.5. Categorías de caudales y represas

La disminución en las lluvias tanto espacial y temporal ha afectado la recarga hídrica y así la poca escorrentía superficial en los ríos. Aunado a eso, la deficiente administración y uso irracional del agua por parte de los usuarios son los principales problemas que en la actualidad afectan a las comunidades y sector productivo; este hecho se evidencia en el bajo caudal de los ríos y lagunas, así como la mala distribución (ICC, 2017).

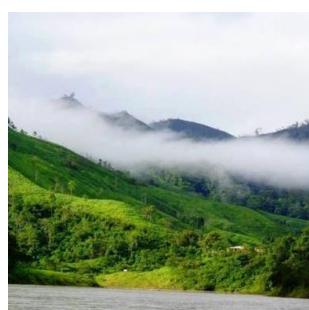


Ilustración 14. Cuenca, río patuca, Honduras, tomado de (Lobo, 2021).

De ahí surge la necesidad de la medición de los caudales que permitan monitorear espacial y temporalmente los afluentes, en lugares estratégicos en los cuales se estime la cantidad de agua que circula en los distintos puntos de la cuenca y se construya una base de datos que ayude a tomar decisiones sobre el manejo integral del agua con los diferentes usuarios del agua (ICC, 2017).

2.5.1. Hidrometría

Se encarga de medir, registrar, calcular y analizar los volúmenes de agua que circulan en una sección transversal de un río, canal o tubería en la unidad de tiempo. Nos permite conocer los datos de caudales y volúmenes en forma oportuna y veraz. La información hidrométrica también permite lograr una mayor eficiencia en la programación, ejecución y evaluación del manejo integral del agua. (ICC, 2017).

El uso de una información hidrométrica ordenada permite:

- Dotar de información para los pronósticos de la disponibilidad de agua, esta información es importante para elaborar el balance hídrico y planificar la distribución del agua de riego.
- Monitorear la ejecución de la distribución del agua.
- La información hidrométrica también permite determinar la eficiencia en el sistema de riego y de apoyo para la solución de conflictos.

2.5.2. Secciones de control de aforo

Se refiere al punto donde se efectúa la medición del caudal, en una sección transversal de un río, además, debe cumplir con ciertas características importantes como:

- Acceso, es decir, que debe existir un poblado cercano o carretera de fácil acceso.
- Ubicación del tramo de aforo, el cual debe ser estable para que no suceda sedimentación o erosión del mismo.
- Rangos de velocidad del agua del río entre 0.1 a 2.5 m/s.
- Sección homogénea a lo largo del tramo, tanto arriba como abajo del punto de aforo.
- Ubicación donde el flujo de agua sea calmado con la menor influencia de turbulencia
- Libre de malezas o cualquier otro obstáculo que pueda provocar imprecisiones en la medición, principalmente arriba del punto de medición.
- Tanto arriba como abajo del punto de aforo debe estar libre de la influencia de puentes, presas y cualquier otra construcción que altere la medición. (ICC, 2017).

Tabla 8. Existen varios tipos de secciones de aforo

Sección de forma natural	Sección con tablones	Sección de concreto
Tienen la característica que su área es variable, teniendo el problema que en ella se produce mucha sedimentación o erosión, lo que impide la toma de caudales exactos principalmente en época lluviosa.	Este tipo de puntos de aforo, se caracteriza por poseer tablones enterrados en las orillas del río, obteniéndose una figura o forma geométrica regular.	Esta sección de aforo es la más ideal, debido a que nos expresa un área permanente o invariable en el tiempo, pero tiene el inconveniente de su elevado costo y trabajos en el cauce del río, así como su mantenimiento.

Tabla 9. Métodos para medir el caudal de agua de arroyos o canales.

Sección	Método	Caudal de agua	Exactitud	Observaciones	Equipo
3.1*	Rápido y aproximado	Pequeño	Una aproximación	Para una estimación rápida	Ninguno
3.2**	Cubo	Muy pequeño	Muy grande	El más exacto de todos los métodos	Presa, tubo, cubos, botella y reloj
3.3**	Flotador		Pequeña a mediana	Más conveniente para arroyos de agua tranquila	Flotador, estacas, línea, vara de medir y reloj
3.4**	Flotador y sección transversal	De pequeño a grande	Mediana		Flotador, estacas, línea, hoja de registrar, vara de medir y reloj
3.5**	Mancha de colorante y sección transversal				Colorante, estacas, línea, hoja de registrar, vara de medir y reloj
3.6***	Presa, triangular	No varía mucho, 114 lts/s o menos, o varía mucho de pequeño a grande	Grande	Para registrar caudal durante un periodo de tiempo	Madera, planchas de metal o láminas acanaladas de tejado; m herramienta para trabajar la madera o el metal, pala, pico, línea, nivel y vara de medir.
	Presa, rectangular	No varía mucho y es de 114 lts/s.			

NOTA: *muy sencillo; ** más difícil; *** el más difícil.

2.5.3. Método: Estimación rápida aproximada

Este es un método muy sencillo para medir aproximadamente el caudal de agua en arroyos muy pequeños. Para ello no necesita emplear ningún equipo especial.

- **Paso 1.** Eche una hoja en el agua del arroyo cuyo caudal quiere medir.
- **Paso 2.** Vaya en la dirección en que flota la hoja al paso normal, unos 30 metros o 35 pasos.
- **Paso 3.** Observe lo que ha avanzado la hoja mientras usted anda y estime el caudal de agua como se indica en los ejemplos.

- **Ejemplos**

La hoja recorre la mitad de la distancia (15 m); el arroyo tiene 20 cm de anchura y 10 cm de profundidad en el centro; arroyo puede suministrar 2500 m³ de agua en una semana aproximadamente.

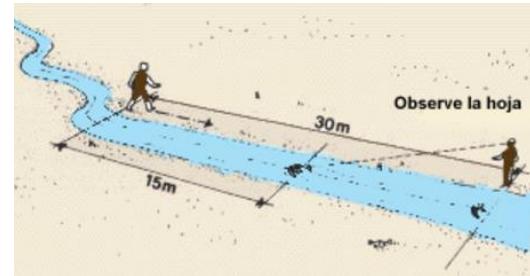


Ilustración 15. Método de estimación rápida aproximada, tomado de (FAO, 2019).

La hoja recorre la mitad de la distancia (15 m); el arroyo tiene 30 cm de anchura y 15 cm de profundidad en el centro; este arroyo puede suministrar 10,000 m³ de agua en una semana aproximadamente.

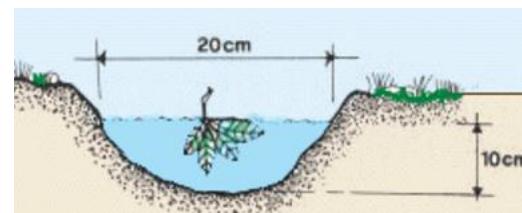


Ilustración 16. Método de estimación rápida aproximada, tomado de (FAO, 2019).

La hoja se mueve tan rápidamente como usted (30 m); el arroyo tiene 30 cm de anchura y 15 cm de profundidad; arroyo suministrará 20,000 m³ de agua en una semana aproximadamente. Si sus necesidades de agua no son mayores que las indicadas en estos ejemplos, no tiene que tomar ninguna otra medida del caudal.

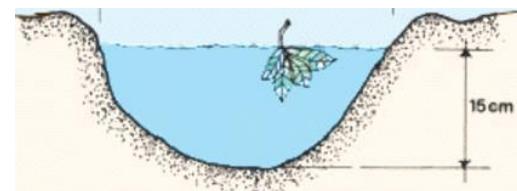


Ilustración 17. Método de estimación rápida aproximada, tomado de (FAO, 2019).

Si sus necesidades de agua son mayores que las dadas en los ejemplos, tiene que emplear uno de los métodos más exactos para medir el caudal de modo que pueda estar seguro de que dispone de agua suficiente.

2.5.4. Método del flotador

Con este método se miden caudales de pequeños a grandes con mediana exactitud. Conviene emplearlo más en arroyos de agua tranquila y durante períodos de buen tiempo, porque si hay mucho viento y se altera la superficie del agua, el flotador puede no moverse a la velocidad normal.

Paso 1. Preparación de un flotador: Un buen flotador puede ser un trozo de madera o la rama lisa de un árbol de unos 30 cm de longitud y 5 cm de anchura, o una botella pequeña bien cerrada de 10 cm de altura, que contenga suficientes materias (tales como agua, tierra o piedras) para que flote con su parte superior justo encima de la superficie.

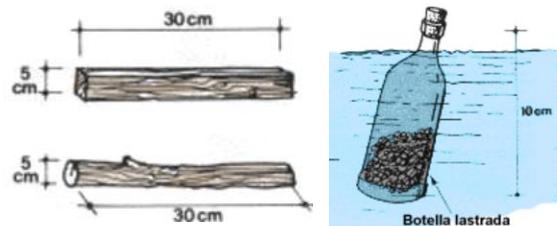


Ilustración 18. Método del flotador, tomado de (FAO, 2019).

Paso 2. Dónde medir: Encuentre un tramo de longitud AA a BB a lo largo del arroyo, que sea recto por una distancia de por lo menos 10 m. Trate de encontrar un lugar donde el agua esté tranquila y exenta de plantas acuáticas, de manera que el flotador se mueva con facilidad y suavidad.

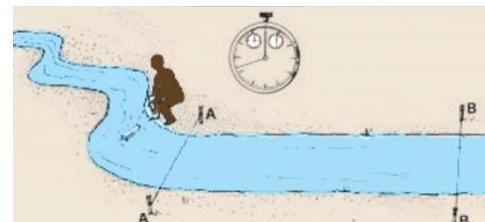


Ilustración 19. Método del flotador, donde medir, tomado de (FAO, 2019).

Paso 3. Determine la velocidad media del agua: Ponga el flotador en el centro del arroyo, a unos pocos metros aguas arriba de la línea AA y que lo suelte suavemente en la corriente. Póngase en la línea BB y empleando el reloj mida exactamente el tiempo (en segundos) que tarda el flotador en recorrer la distancia de AA a BB.

Paso 4. Repita tres veces la operación. Ponga el flotador en el agua y observe cuánto tiempo tarda en recorrer la distancia de AA a BB en tres momentos distintos.

Nota: si una de las tres medidas difiere mucho de las otras dos, tome una cuarta y emplee ésta.

Ahora puede calcular el tiempo medio que ha tardado el flotador en ir de AA a BB. Sume las tres medidas y divida por tres.

Ejemplo: Ha determinado que el flotador tarda 15, 21 y 20 segundos en ir de AA a BB: 15 segundos es mucho menos que las otras dos medidas; tome una cuarta medida y empléela en vez de 15.

Los tres tiempos medidos son de 19, 21 y 20 segundos: su suma es de $19 + 21 + 20 = 60$ segundos; el tiempo medio para recorrer la distancia de AA a BB es de $60 \text{ s} / 3 = 20$ segundos.

Averigua la velocidad de la superficie del agua (en m/s) dividiendo la distancia de AA a BB (en este ejemplo, 10 m) por el tiempo medio (en segundos) y multiplique este resultado por 0,85 (un coeficiente de corrección) para estimar la velocidad media del agua del arroyo.

Ejemplo:

AA a BB = 10 metros

Tiempo medio = 20 segundos

Velocidad de la superficie del agua= $10 \text{ m} / 20 \text{ s} = 0.5 \text{ m/s}$

Velocidad media del agua= $0.5 \text{ m/s} \times 0.85 = 0.425 \text{ m/s}$

Averigüe la anchura media: Mida la anchura (en m) del arroyo en varios lugares. Tome la medida que reaparece con más frecuencia, como la anchura media.

Ejemplo: Las medidas de la anchura han sido 1,1 m, 1 m, 1 m, 0,9 m, 1 m y 1,2 m; utilice 1 m como la anchura media.

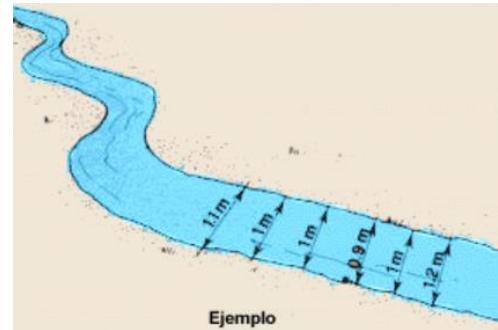


Ilustración 20. Método del flotador, anchura media, tomado de (FAO, 2019).

Averigüe la profundidad media: Mida la profundidad del agua (en m) del arroyo en varios lugares a lo largo de su anchura. Tome la mitad de la medida más profunda como una aproximación de la profundidad media.

Ejemplo: Las medidas de la profundidad han sido 0,2 m, 0,6 m, 0,9 m, 1,2 m, 0,8 m y 0,3 m; la más profunda es de 1,2 m, de modo que la profundidad media es $1,2 \text{ m} / 2 = 0,6 \text{ m}$.

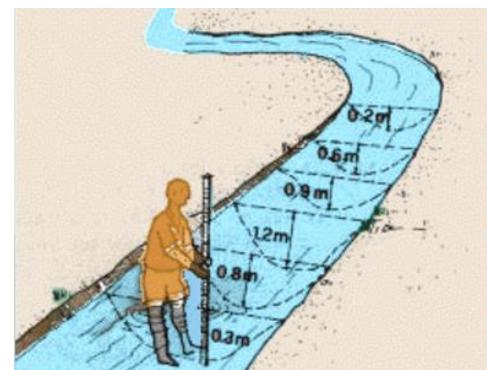


Ilustración 21. Método del flotador, profundidad media, tomado de (FAO, 2019).

Calcule el caudal de agua

Para calcular el caudal de agua (en m³) multiplique la velocidad media del agua (en m/s) por la anchura media (en m) y por la profundidad media (en m).

Nota: Recuerde que 1 m³ = 1 000 litros, de modo que multiplique por esta cifra para convertir las medidas del caudal de agua en litros por segundo (litros/segundo).

Ejemplo: Datos Velocidad media del agua = 0.425 m/s anchura media = 1 m Profundidad media = 0.6 m

Caudal de agua = 0,425 m/s x 1 m x 0,6 m = 0,255 m³/s.

Caudal de agua = 0,255 m³/s x 1000 l = 255 l/s.

El caudal del agua es de 255 litros/segundo

2.5.5. Beneficios de utilizar un sistema de medición de caudal

- **Permite un monitoreo inteligente del uso de agua:** Con la implementación de un sistema tendrás visibilidad del caudal y podrás monitorearlo para detectar cualquier desperdicio de agua o tomar mejores decisiones de riego cada día.
- **Información digital y precisa:** A partir de un equipo robusto, obtendrás información precisa y confiable para ejecutar un análisis de comportamientos, apoyado por el internet de las cosas.
- **Optimización de recursos:** Al conocer todos los datos del comportamiento y volumen del agua, podrás optimizar el uso de este recurso. Con menor cantidad de agua, tendrás la posibilidad de lograr una producción agrícola más eficiente.
- **Menor huella hídrica:** Estrechamente ligado a los puntos anteriores, cuando conoces en detalle el volumen de un caudal de agua, podrás usar eficientemente este recurso. Esta deriva en una disminución de la cantidad de agua para riego. Estos son solo algunos beneficios que se pueden obtener al integrar un sistema de medición de caudal. (ICC, 2017).

2.6. Georreferenciación y mapeo de cuencas

Para darle un mejor manejo a la Cuencas Hidrográficas es necesario geo-referenciar, para delimitarlas según sus zonas de interés o su uso.

2.6.1. Geo-referenciación

Es el posicionamiento con el que se define la localización de un objeto espacial en un sistema de coordenadas; es básicamente ligar o relacionar una información geográfica a unos puntos en común, es decir poder llevar toda la información a unas coordenadas bases para que posteriormente otros datos se puedan unir al mismo y estos guarden la misma relación.

2.6.2 Mapa

Es la representación gráfica de un área geográfica, es decir, de una porción de la superficie de la tierra, elaborada con propiedades métricas, dibujadas o impresas en una superficie plana y que refleja información espacial. Los principales elementos de un mapa son las leyendas, orientación y la escala.

2.6.2.1. Información que debe tener un mapa

- **Título o nombre:** El título o nombre de un mapa es fundamental para explicar el tema cartográfico. Es así que hablamos de mapa: político, histórico, económico, físico entre otras.
- **Escala:** Es la relación de proporción entre la medida en el mapa y la medida en el terreno.
- **Simbología o referencias:** Interpretar símbolos en un mapa es relacionar y comprender todos los elementos que aparecen en él, para poder explicar con nuestras palabras lo que se pretende representar. Es una manera de leer, pero a través de símbolos.
- **Orientación:** (puntos cardinales) para ubicarse en la superficie terrestre se establecieron cuatro puntos cardinales, Norte, Sur, Este y Oeste, que se determinan sobre la base de elementos de referencia como el sol y las estrellas.

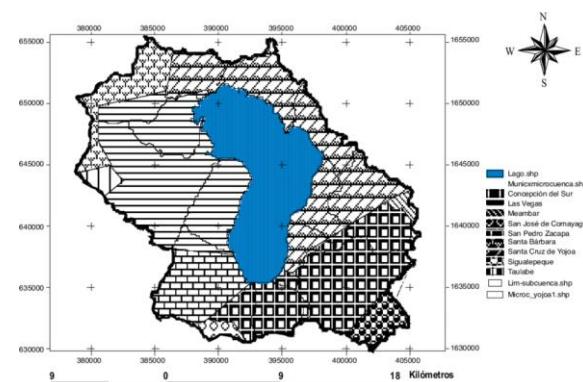


Ilustración 22. Mapa de microcuenca que conforma la subcuenca del lago de Yojoa, Honduras, tomado por (Campos, 2016).

- **Coordenadas geográficas:** la intersección de dos ejes o coordenadas permiten ubicar un lugar determinado con exactitud. A partir de la red de paralelos y meridianos, se puede localizar con precisión un punto sobre la superficie terrestre; esta red permite obtener las coordenadas geográficas de ese punto; se establecen, entonces, la latitud y la longitud de un lugar.

2.7. Juntas administradoras de aguas (Funciones, registros contables)

La formación del comité parte del consenso de los vecinos de la comunidad, quienes en asamblea general comunitaria y con el voto democrático de la mayoría, es decir la mitad más uno, eligen a las personas que son más idóneas para representarlos, asumiendo la representación de la comunidad ante las instituciones, así como de coordinar y ejecutar las actividades aprobadas por la asamblea (Mancomunidad Trinacional Fronteriza Rio Lempa, 2017).

La Asamblea es la autoridad máxima para la toma de decisiones, compuesta por todos los hombres y mujeres mayores de edad. Normalmente los criterios que se toman en cuenta para la selección de los candidatos son:

- Ser mayor de edad.
- Que vivan en la comunidad.
- Que sean de reconocida solvencia moral.
- Deseos de cooperar voluntariamente.
- Disponer o hacer tiempo para integrarse al trabajo
- Que goce del apoyo o aceptación de la comunidad.
- Y que esté en pleno goce de sus derechos ciudadanos.

Es importante que el Comité esté formado con representatividad de mujeres y hombres. La representación de las mujeres en funciones de dirección es elemental debido a que **la mujer desempeña un papel fundamental en el abastecimiento, la gestión y la protección del agua, por ser la administradora principal del recurso el cual impacta en la salud de la familia.**

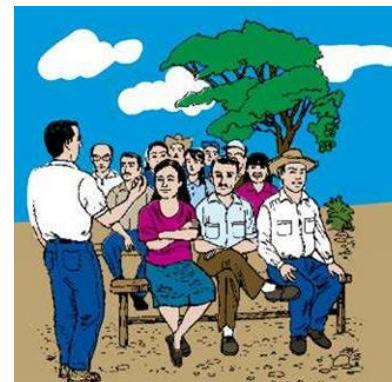


Ilustración 23. Reunión de una junta de agua, tomado por (Mancomunidad Trinacional Fronteriza Rio Lempa, 2017).

2.7.1. ¿Qué es una junta administradora de agua o comité de agua?

Es un grupo de personas que representa a la comunidad ante cualquier institución, gestión o trámite para el logro de la cooperación en la solución de las necesidades comunitarias en el tema del agua y saneamiento (Mancomunidad Trinacional Fronteriza Rio Lempa, 2017).

¿Cómo se integra la junta directiva o comité de agua?

- Presidente
- Vice-presidente
- Secretario
- Tesorero
- Vocal I
- Vocal II
- Vocal III



Ilustración 24. Integración de la junta directiva o comité de agua, tomado por (Mancomunidad Trinacional Fronteriza Rio Lempa, 2017).

Tabla 10. Cualidades de los miembros del comité de agua.

Cualidades de los miembros del comité de agua y saneamiento			
Presidente	Secretario	Tesorero	Vocales
<ul style="list-style-type: none">• Responsable• Comprometido• Motivador• Entusiasta• Trabaja en equipo• Reconoce errores• Escucha y• Comunica	<ul style="list-style-type: none">• Responsable• Habilidad de leer y escribir• Disponibilidad a trabajar• Trabaja en equipo• Escucha y• Comunica	<ul style="list-style-type: none">• Honrado• Responsable• Motivado a trabajar• Habilidad de leer y escribir• Habilidad para operaciones matemáticas• Entusiasta• Escucha y• Comunica	<ul style="list-style-type: none">• Responsables• Participativo• Motivado a trabajar• Escucha y• Comunica

2.7.2. Funciones y Obligaciones

Como el agua le da vida a nuestra milpa, somos los usuarios quienes le damos vida a nuestro sistema, ya que no podría funcionar bien si no existen personas que lo manejen. Es importante que nos organicemos y administremos bien nuestro proyecto de agua.

Esto quiere decir que debemos coordinar todos los recursos con que contamos, para alcanzar un sistema de agua potable sostenible; es decir que se mantenga y funcione adecuadamente, ahora y en el futuro (Mancomunidad Trinacional Fronteriza Rio Lempa, 2017).



2.7.3. Para administrar bien nuestro sistema, debemos:

- **Planificar:** Pensar en qué actividades y procedimientos son necesarios en el manejo de nuestro sistema, para luego ordenarlos, ponernos metas, propósitos y alcanzarlos.
- **Organizarnos:** Unir nuestros esfuerzos para mejorar, haciendo bien las actividades que planificamos.
- **Dirigirnos:** Guiar nuestros esfuerzos para no perder de vista nuestra meta, o sea, lo que queremos lograr.
- **Controlar:** Llevar un registro exacto de las entradas y salidas de dinero, materiales y de todas las actividades que realicemos.

Ilustración 25. Funciones y obligaciones del comité de agua, tomado por (Mancomunidad Trinacional Fronteriza Rio Lempa, 2017).

Honduras: La Ley Marco de Agua y Saneamiento define las Juntas administradoras de agua y saneamiento. Según artículo 18 de la ley, las juntas administradoras de agua y saneamiento tendrán personalidad jurídica, la cual debe ser otorgada por la Secretaría de Estado en Gobernación y Justicia por medio de un dictamen donde la Corporación o Concejo Municipal constatará la legalidad de esta.

Asimismo, establece que todos los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano deberán ser asignados y estar en operación ya sea por la corporación municipal o por juntas administradoras de agua y saneamiento.

Tabla 11. Funciones y responsabilidades de las juntas administradoras de agua y saneamiento/comité de agua y saneamiento.

Deben ser similares a sus Estatutos o Reglamento Interno	
 <p><i>Ilustración 26. Funciones y responsabilidades de las juntas administradoras de agua, tomado por (Mancomunidad Trinacional Fronteriza Rio Lempa, 2017).</i></p>	<p>Representar a la comunidad en todo lo que concierne al recurso hídrico.</p> <p>Informar periódicamente a la comunidad y autoridades correspondientes sobre el control de pago, ingresos y egresos, inventario, saldos, etc.</p> <p>Vigilar por el cuidado y buen uso del agua y todos aquellos bienes con los que cuenta la comunidad como el kit de fontanería.</p> <p>Realizar los trabajos necesarios para conservar en buen estado los bienes del sistema de agua de la comunidad.</p> <p>Monitoreo constante de la calidad del agua</p> <p>Solucionar cualquier problema del sistema de agua.</p> <p>Asistir a las capacitaciones.</p> <p>Organizar a la comunidad e informarla de todas las situaciones relacionadas con el sistema de agua y saneamiento.</p>

2.7.4. Reglamento interno de Uso y Manejo de sistema de agua

Cada comité de agua y saneamiento debe contar con un reglamento interno que regule todo lo relacionado al funcionamiento del sistema de agua, el cuál debe ser ratificado y aceptado por la comunidad en asamblea general; tomado en cuenta que para la elaboración del mismo se debe detallar todo lo indispensable para su financiamiento y funcionamiento, a continuación, se desglosan las partes que debería contener éste:

Tabla 12. Reglamento de uso y manejo de sistema de agua.

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Objetivos 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Objetivo general ▪ Objetivos específicos
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estructura, Funciones y Atribuciones 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Quienes estarán a cargo de la administración, operación y mantenimiento del sistema de agua (es decir cuáles serán los órganos dirigentes); además establecer qué son y quiénes conformarán la Asamblea General y la Junta Directiva o comité de agua y saneamiento y sus respectivas funciones. ▪ Definir que son los fontaneros, cuáles son las tareas y funciones que la comunidad y el comité de agua y saneamiento le designarán. ▪ Incluir que son las reuniones ordinarias y extraordinarias, cada cuanto se celebrarán, así como la forma de las Convocatorias. ▪ Comisiones de vigilancia y sus funciones.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Derechos y Obligaciones de los usuarios 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (Especificar cuáles serán los derechos y las obligaciones de los usuarios, la forma del pago de la cuota, entre otras).
<ul style="list-style-type: none"> • Operación y Mantenimiento del Sistema 	<ul style="list-style-type: none"> • Debe de contener, referente a servicios por agua, disponibilidad del caudal, dotación habitante día, derecho del agua y las prohibiciones de los usuarios).
<ul style="list-style-type: none"> • El presupuesto del sistema de agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de ingresos y egresos
<ul style="list-style-type: none"> • Sanciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Se especificarán todas las sanciones que se les impondrán a los usuarios y usuarias del servicio por incumplimiento de sus deberes y obligaciones
<ul style="list-style-type: none"> • Modificaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Cuando puede ser modificado un reglamento y porqué

ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE PERTINENTES SUGERIDAS

1. Diferencia las partes de las cuencas
2. Aplica diagnósticos para caracterizar cuencas
3. Realiza campañas de reforestación en cuencas hidrográficas de la zona
4. Mide caudales en cursos de aguas y represas
5. Georreferencian y mapea cuencas hidrográficas
6. Administra las juntas de aguas (roles, funciones, registros contables, otros)
- 7.

HERRAMIENTAS O PLATAFORMAS DIGITALES SUGERIDAS

Nombre de la herramienta	Utilización
QGIS	Para la elaboración y representación de mapas y la delimitación de las microcuencas utilizando fotografías satelitales.
GPS	Georreferenciar y tomar puntos de interés.
Laptop	Para la elaboración de mapas y recolección de datos, elaboración de informes y presentación de charlas sobre el cuidado ambiental.
ARGIS	Sistema de georreferenciación y representación de mapas utilizando imágenes satelitales.
Teléfono	Para investigación y toma de puntos de interés
USGS	Plataforma con acceso a imágenes satelitales para la elaboración de mapas.
ASF DATA SEARCH	Plataforma con acceso a imágenes satelitales para la elaboración de mapas
Padlet	Herramienta para organizar ideas y compartir recursos educativos sobre la importancia de la reforestación en las cuencas hidrográficas.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Caracterizar las principales microcuencas de la comunidad utilizando sistemas de información geográfica.

CE2.1 Describe la importancia de las cuencas hidrográficas para la vida
CE2.2 Delimita las partes de una cuenca hidrográfica utilizando sistemas de información geográfica
CE2.3. Elabora un diagnóstico y plan de manejo participativo de microcuencas considerando el contexto
CE2.4. Desarrolla acciones de mitigación de daños en micro cuencas locales
CE2.5. Gestiona acciones de capacitación a la población cercana a las cuencas en el tema de protección y uso sostenible de recursos naturales
CE2.6. Evalúa las distintas categorías de caudales y represas, aplicando las metodologías de aforos

METODOLOGÍA Y EVALUACIÓN

La metodología es una serie de procesos, técnicas y métodos que utiliza el docente para poder transferir los conocimientos a sus estudiantes. Debido a la gran cantidad de técnicas, procedimientos y métodos que se usan para enseñar, es necesario que el docente pueda seleccionar la técnica, el método o el procedimiento que le permita lograr los objetivos propuestos en contenido o tema dado.

Recuerde que esto no es una camisa de fuerza ni un recetario. Por el contrario, esto nos permite crear, desarrollar habilidades y destrezas y seleccionar el mejor proceso para un mayor aprendizaje en nuestros estudiantes.

La metodología sugerida en esta unidad se detalla a continuación

Metodología	Evaluación
<p>1. Diferencia las partes de las cuencas</p> <ul style="list-style-type: none">Exploración geográfica: Los estudiantes usarán Google Earth Pro o ArcGIS Online para explorar y diferenciar las partes de una cuenca hidrográfica (cuenca alta, media y baja). El docente guiará a los estudiantes para que comprendan cómo las cuencas se dividen según la geografía y el flujo del agua.Discusión interactiva: Despues de explorar, los estudiantes participarán en una discusión guiada sobre la importancia de cada parte de la cuenca.Trabajo en equipo: Los estudiantes trabajarán en grupos pequeños para identificar las partes de una cuenca en mapas y presentarlas.	<p>Criterios:</p> <ul style="list-style-type: none">Precisión en la identificación de las partes de la cuenca.Participación activa en la discusión.Uso adecuado de las herramientas digitales (Google Earth, ArcGIS). <p>Instrumento de evaluación:</p> <ul style="list-style-type: none">Rúbrica de evaluación: Evaluación del uso correcto de las herramientas y la capacidad para diferenciar las partes de la cuenca en un mapa.Presentación de grupo: Los estudiantes entregan una presentación (en PowerPoint o Google Slides) sobre las partes de la cuenca, que será evaluada en términos de precisión y claridad.
<p>2. Aplica diagnósticos para caracterizar cuencas</p> <ul style="list-style-type: none">Análisis de datos: Los estudiantes utilizarán ArcGIS para obtener datos sobre la cuenca (tipo de suelo, vegetación, calidad del agua, etc.) y realizar un diagnóstico de su estado actual.Trabajo en grupos: Cada grupo se encargará de analizar diferentes aspectos de la cuenca (uso del suelo, cobertura vegetal, recursos hídricos) y completará un informe sobre sus hallazgos.	<p>Criterios:</p> <ul style="list-style-type: none">Capacidad para realizar el diagnóstico correctamente usando herramientas digitales.Calidad y claridad del informe final.Capacidad de los estudiantes para interpretar los resultados y hacer recomendaciones. <p>Instrumento de evaluación:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Presentación del diagnóstico: Los estudiantes presentarán los resultados del diagnóstico mediante un informe digital o presentación interactiva.
<p>3. Realiza campañas de reforestación en cuencas hidrográficas</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Planeación de la campaña: Los estudiantes trabajarán en grupos para planificar una campaña de reforestación, utilizando canva para organizar tareas y responsabilidades. Crearán materiales visuales (carteles, presentaciones). ▪ Acción comunitaria: Se organizará una actividad de reforestación en la comunidad local, donde los estudiantes plantarán árboles y sensibilizarán sobre la importancia de la reforestación. ▪ Documentación: Los estudiantes documentarán el proceso de la campaña con fotos y videos, que luego se compartirán en un mural digital creado en Padlet o Canva. 	<p>Criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Calidad en la planificación de la campaña. ▪ Participación activa en la actividad de reforestación. ▪ Creatividad y efectividad de los materiales de sensibilización creados. <p>Instrumento de evaluación:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rúbrica de evaluación de la campaña: Evaluación de la organización, la participación en la reforestación y la calidad de los materiales creados. ▪ Informe final: Se evaluará el informe de actividades y su documentación digital (fotos, videos).
<p>4. Mide caudales en cursos de aguas y represas</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Práctica de campo: Los estudiantes utilizarán herramientas de medición según su contexto para medir los caudales en cursos de agua o represas cercanas. ▪ Análisis y comparación: Despues de medir el caudal, los estudiantes analizarán los datos, comparándolos con estándares de calidad y volumen de agua. ▪ Informe técnico: Los estudiantes elaborarán un informe técnico donde documentarán el proceso de medición y los resultados obtenidos. 	<p>Criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Precisión en la medición del caudal. ▪ Capacidad para interpretar los datos correctamente. ▪ Calidad del informe técnico. <p>Instrumento de evaluación:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rúbrica de medición: Evaluación de la precisión de las mediciones y la calidad del análisis de los datos obtenidos.

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Informe de análisis: Se evaluará la estructura, claridad y profundidad del informe técnico.
5. Georreferencian y mapea cuencas hidrográficas	<p>Criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Georreferenciación: Los estudiantes usarán Google Earth Pro o QGIS para georreferenciar cuencas hidrográficas y crear mapas interactivos. ▪ Trabajo en equipo: En grupos, los estudiantes deben identificar áreas clave de la cuenca y agregarles datos relevantes (fuentes de agua, zonas de erosión, vegetación, etc.). ▪ Presentación de mapas: Los estudiantes presentarán sus mapas georreferenciados a la clase. <p>Instrumento de evaluación:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rúbrica de mapeo: Evaluación de la precisión geográfica, la creatividad en la presentación y la correcta identificación de zonas clave en la cuenca.
6. Administra las juntas de aguas (roles, funciones, registros contables, otros)	<p>Criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Simulación de roles: Los estudiantes asumirán diferentes roles en una junta de aguas, usando canva para organizar tareas y responsabilidades. ▪ Gestión administrativa: Los estudiantes utilizarán Google Sheets para registrar la información contable, y Treinta para crear reportes financieros. ▪ Reunión de la junta: Los estudiantes realizarán reuniones simuladas para discutir y administrar los recursos hídricos de la comunidad, y registrarán sus decisiones en una plataforma compartida. <p>Instrumento de evaluación:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rúbrica de administración de junta: Evaluación de la participación, calidad en los registros contables y cumplimiento de responsabilidades.

El bosque es un sistema biológico natural, compuesto por una gran cantidad de seres vivos, en el que además de la parte vegetal integrada por los árboles, arbustos, malezas, plantas herbáceas y criptógamas, existe una fauna muy especial que encuentra en él abrigo, refugio y alimento. El bosque es un sistema en equilibrio dinámico, en el que ocurre una perpetua renovación tanto estacional como cronológica, sujeta a ritmos biológicos de períodos variables (LIFEDER, 2022).

3.1. Conceptualización, importancia y clasificación

Los bosques son fundamentales para la preservación de la vida en la Tierra. Por medio de la fotosíntesis, los árboles y plantas verdes producen la mayoría del oxígeno que los seres humanos y muchos otros animales necesitan para sobrevivir (LIFEDER, 2022).



3.1.1. Importancia de los bosques desde el punto de vista ambiental, económico, social y técnico.

- Importancia ambiental

Sin los bosques, tendríamos mucho menos oxígeno disponible debido a que los árboles (y todas las plantas verdes) usan un proceso llamado **fotosíntesis**, durante el cual toman dióxido de carbono y como un sub-producto, liberan oxígeno.

Los bosques protegen nuestras aguas y gestionan nuestro clima. Cuando llueve en el bosque, las hojas permiten que el agua gotee lentamente sobre el suelo; si se corta el bosque, la lluvia cae fuertemente sobre el suelo desprotegido y sus partículas son arrastradas hacia las corrientes, ensuciando sus aguas. Esto no es bueno para los peces, y puede provocar inundaciones.

Ilustración 27. Bosque de Honduras, tomado de (COUSAS, 2015).

Además, sin árboles, el agua se evapora rápidamente, cambiando el clima de los bosques próximos. Este proceso impide que los árboles reciban el agua que necesitan. (Perez, 2013).

- **Importancia social**

Los bosques albergan y protegen los sitios o paisajes de alto valor cultural, espiritual o recreativo.

Los bosques también atraen a los usuarios de lugares de esparcimiento. Ahora bien, como el turismo y el esparcimiento pueden requerir inversiones infraestructurales que trascienden de las necesidades de la industria de elaboración, esta actividad económica suele tener que esperar a etapas ulteriores de desarrollo industrial y comercial. (Perez, 2013).

- **Importancia económica**

Las poblaciones del campo dependen de los productos de los bosques y también de los servicios ecológicos que éstos prestan. Los bosques contribuyen a la seguridad alimentaria de tantas formas.

En muchos países en desarrollo, los bosques constituyen la fuente primordial de energía, proteína, aceites, medicinas y alimentos básicos para gran parte de la población rural y, lo que es más importante, para sus grupos más vulnerables. En general, los bosques son importantísimos para la alimentación durante hambrunas estacionales o periódicas o escaseces de alimentos del campo. Al menos tres cuartas partes de la población mundial dependen no poco de la medicina popular. (Perez, 2013).

- **Importancia técnica**

Tiene como propósito primordial aumentar el nivel de biodiversidad y complejidad estructural en bosques adultos degradados, en bosques secundarios (de densidad normal y degradada), en bosques quemados y en plantaciones, para mejorar su funcionalidad ecológica y, en consecuencia, incrementar los potenciales bienes y servicios ecosistémicos desde estos bosques. (Perez, 2013).

3.1.2. Clasificación de los bosque

3.1.3. es

- **El Bosque de coníferas**

Son aquellos bosques que poseen especies de árboles con fruto en forma de cono o piña, como el pino, ciprés, entre otros. Estos permanecen con hojas durante todo el año. El bosque de pino de Honduras cubre un aproximado del 22.3% de la superficie total del país.

Se dice que en Honduras existen 7 especies del género pino o *pinus*, sin embargo, vale la mencionar que es muy posible que existan otras especies.



Ilustración 28. Pico bonito, la rica reserva de Honduras tomado de (Diarioroatan, 2021).

- **Bosque Húmedo Tropical**

De los **tipos de bosques** existentes, el bosque húmedo tropical es el más famoso y gustado por muchos debido a la exuberancia y diversidad de flora y fauna que posee a nivel mundial. El bosque húmedo tropical de Honduras representa un gran porcentaje de la superficie boscosa del país.

Se ubica especialmente en la zona Norte del Honduras y la característica principal que presenta son lluvias abundantes y muy bien distribuidas durante todo el año. Por su gran biodiversidad, el bosque húmedo tropical es el que brinda mayores servicios y beneficios a los pobladores que habitan en sus cercanías (Umaña, 2017).

- **Bosque Nublado**

El bosque nublado es uno de los ecosistemas más ricos del mundo, se le llama así porque permanece siempre con una cortina de neblina que lo cubre. Estas condiciones sumadas a la poca luz solar que recibe y a las grandes inclinaciones de las montañas crean un rico ecosistema donde es común ver la variedad de plantas que se desarrollan sobre los árboles, como las orquídeas, bromelias, helechos, musgo, plantas epifitas y bejucos que suben hasta la

copa de los árboles en busca de luz solar y una gran variedad de aves y animales silvestres que también habitan en estos tipos de bosques (Umaña, 2017).

▪ Bosque Manglar

El bosque Manglar o manglares son bosques pantanosos que se desarrollan y viven en áreas donde se mezcla agua dulce de un río con el agua salada del mar. El bosque manglar recibe este nombre porque “mangle” se llama la especie de árbol que crece en estas áreas. El mangle es una especie muy peculiar ya que es capaz de tolerar distintos grados de salinidad, según el estado de las mareas. Este tipo de bosque es muy hermoso y es muy disfrutado por los amantes de la naturaleza ya que tienen expuestas sus raíces a todo el que desee admirarlas (Umaña, 2017).

▪ Bosque seco

Todos los tipos de bosque son importantes, y aunque este parezca que no por su nombre, el bosque es muy importante para una gran variedad de aves migratorias, además es el hábitat de más de 50 especies de plantas endémicas.

Es el hábitat especial del Colibrí Esmeralda (*Amazilia luciae*) única ave endémica de Honduras. El bosque seco hondureño se localiza en mayor porcentaje en la zona Sur del país, y en menor porcentaje en algunos valles del interior como el Valle de Comayagua, Valle de Otoro, Valle del Aguan y parte Sur del departamento de Gracias, entre otros (Umaña, 2017).

Tabla 13. Tipo de especies predominantes según el tipo de bosque.

Tipo de especies predominantes según el tipo de bosque				
El Bosque de coníferas	Bosque Húmedo Tropical	Bosque Nublado	Bosque manglar	Bosque seco
<ul style="list-style-type: none">• <i>Pinus caribaea</i> var. Hond.• <i>Pinus oocarpa</i> (Árbol Nacional de Honduras)• <i>Pinus maximinoi</i>• <i>Pinus ayacahuite</i>	<ul style="list-style-type: none">• Caoba• Granadillo• Cedro• Laurel negro• Aguacatillo• Ceiba• Zapote• Santa María• Barba de Jolote• Cedrillo	<ul style="list-style-type: none">• Quercus• Orquideas• Bromelias• Helechos• Café	<ul style="list-style-type: none">• Mangle Rojo• Corumo Negro• Corumo blanco• Mangle blanco• Botoncillo	<ul style="list-style-type: none">• Almendro de río• Anona• Caoba• Carao• Carbón negro, blanco y colorado• Carreto real y negro• Castaño• Ceiba

<ul style="list-style-type: none"> • <i>Pinus pseudostrobus</i> • <i>Pinus tecumumanii</i> • <i>Pinus hartwegii</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Noga 				<ul style="list-style-type: none"> • Cedro real
--	--	---	---	---	--

3.2. Protección forestal (prevención de incendios, protección de la regeneración natural, plagas y enfermedades)

Algunas de estas medidas son: Impedir o regular la tala de árboles, dar un mejor tratamiento a los residuos, prohibir la caza ilegal de animales en peligro de extinción, reducir el consumo de energía, de pesticidas, de combustibles y otros contaminantes, minimizar los ruidos, no arrojar basura, reciclarla. (ICF, 2020).



Ilustración 29. Campaña de reforestación de especies locales, en San Francisco, Lempira, tomado de (Díaz, 2024).

En la práctica y ante la falta de conciencia de la población, deben imponerse por vía legal con las consiguientes sanciones, para quienes violen las normas de protección. En el caso de la destrucción forestal los factores o causas motoras, no se pueden observar a simple vista ya que responden y se explican en gran medida a situaciones de carácter social, político, legal, tecnológico, educativo y administrativo. (ICF, 2020).

Entre estas las más importantes, están:

- **Demanda nacional de productos forestales:** Generalmente se tiene una mayor demanda que oferta y esto a su vez origina un aprovechamiento irracional y clandestino.
- **Tenencia de la tierra:** Los litigios por linderos crean la inseguridad en la tenencia y dejan al bosque sin nadie que se responsabilice por su conservación.
- **Administración:** La administración o el manejo de los bosques y las áreas protegidas, de acuerdo a la constitución hondureña, corresponde al gobierno, quien delega a gobiernos locales y organismos de sociedad civil para que asuman el compromiso para la protección y aprovechamiento racional del recurso amparados en el marco legal existente.
- **Educación:** La ausencia del conocimiento en materia de legislación forestal, política forestal, deben incluirse como un eje transversal dentro de los diferentes niveles educativos. (ICF, 2020).

3.2.1. Incendios forestales

Un incendio forestal es un fuego que, cualquiera sea su origen y con peligro o daño a las personas, la propiedad o el ambiente, se propaga sin control en terrenos rurales, a través de vegetación leñosa, arbustiva o herbácea, viva o muerta.

Es un fuego injustificado y descontrolado en el cual los combustibles son materiales vegetales y que, en su propagación puede destruir ganado, viviendas, como también vidas humanas. (ICF, 2020).



Ilustración 30. Control de incendios forestales tomado de (ICF, 2020).

3.2.1.1. Origen de los incendios forestales

Existen incendios de origen natural y por causas humanas. Los primeros son producidos por erupciones volcánicas o por rayos en tormentas eléctricas secas, sin presencia de lluvia. Los segundos son incendios forestales originados por las personas, producto de descuido, desconocimiento, mala intención o accidentes.

3.2.1.2. de incendios forestales

Existen tres tipos de incendios forestales, según la capa vegetal que afectan:

- **De superficie:** Son los más comunes y queman el sotobosque. Su velocidad de propagación dependerá del tipo y condición del combustible, topografía y tiempo atmosférico.
- **Aéreo, de copas o corona:** Se originan producto de un fuego de superficie, que luego avanza por las copas de los árboles y/o arbustos. La velocidad de propagación y desprendimiento calórico es alta.
- **Subterráneos:** El fuego quema raíces, la capa de humus del suelo y la micro-fauna. Se caracteriza por una combustión sin llamas. La velocidad de propagación en este caso es lenta.

En un incendio forestal casi nunca se da uno; generalmente se dan combinaciones de los tipos señalados; por ejemplo, de superficie y copas. (ICF, 2020).

3.2.1.3. Efectos de los incendios forestales

Se refiere a la calidad de los daños, o las alteraciones que se originan en la dinámica de los diferentes procesos relativos a los recursos naturales renovables, incluyendo las funciones que éstos cumplen en el desarrollo económico y social. Se pueden dividir en socioeconómicos y ecológicos, y corresponden a:

- **Efectos Socioeconómicos**

A las personas:	Al desarrollo Comunitario
<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación de suelos, agua y aire. • Deterioro del paisaje o belleza escénica. • Limitaciones para la recreación, esparcimiento y prácticas deportivas. • Accidentes de vehículos. Dado que la visibilidad para la conducción se reduce considerablemente. 	<p>Daños a la propiedad.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deterioro o detención de procesos productivos. • Reducción de fuentes de trabajo. • Limitaciones al desarrollo rural y al comercio local. • Deterioro del turismo y, por lo tanto, de los ingresos que genera. • Pérdida de valores culturales e históricos. • Perjuicios a obras públicas e infraestructura de comunicaciones. • Empobrecimiento de una población que habita paisajes muy destruidos.

Ilustración 31. *Efectos socioeconómicos de los incendios forestales, tomado de (RED ITC, 2014).*

- Efectos Ecológico

Clima	Suelo
<ul style="list-style-type: none"> • Cambio en los regímenes de vientos. • Disminución de la humedad ambiental. • Incremento de la temperatura ambiental. • Aumento de la radiación solar. • Efecto invernadero. <p>Agua y Cuencas Hidrográficas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alteración en los cursos de agua. • Incremento del escurrimiento superficial de agua. • Alteración del ciclo hidrológico. • Deterioro en la calidad del agua. • En el período de lluvias, crecidas de ríos por embancamiento y con la consiguiente generación de inundaciones. • Alteraciones físico-mecánicas de la atmósfera. • Incorporación de emisiones contaminantes. • Producción de humo. 	 <ul style="list-style-type: none"> • Deterioro de las propiedades físicas del suelo. • Cambio de las propiedades químicas del suelo, con pérdida frecuente de los nutrientes. • Pérdida de las propiedades biológicas del suelo. • Destrucción del estrato de materia orgánica no incorporado al suelo mineral. • Erosión de los suelos. <p>Vida Silvestre</p> <ul style="list-style-type: none"> • Destrucción de formaciones vegetacionales o alteraciones en la composición de las especies. • Migraciones de animales mayores, aves, insectos y microorganismos. • Desequilibrios ecológicos o rupturas en la cadena biológica. • Fragmentación y con ello debilitamiento de los ecosistemas.

Ilustración 32. Efectos ecológicos de los incendios forestales, tomado de (RED ITC, 2014).

3.2.1.4. Prevención de Incendios Forestales

Son las medidas de protección contra la acción del fuego. Acciones preventivas

¿Cómo se pueden prevenir los incendios forestales?

- **Silvicultura preventiva:** Las distintas actividades vinculadas a la silvicultura preventiva atienden a la creación y mantenimiento de cortafuegos, así como a la disminución del combustible vegetal mediante la ejecución de actividades silvícolas en las masas forestales existentes (CONAF, 2016).
- **Cortafuegos:** Conjunto de acciones sobre la vegetación, de carácter longitudinal, que persiguen la reducción del combustible en disposición de arder, a la vez que se disminuye su combustibilidad por eliminación de continuidades de la vegetación tanto horizontales como verticales.

- **Líneas cortafuegos:** Consisten en la realización de fajas de bordes paralelos con eliminación de la vegetación hasta suelo mineral que, han de tener las siguientes anchuras mínimas (dos veces y media la altura dominante de los árboles y, al menos, 15 m, cuando se realicen en las proximidades de zonas arboladas, 10 m, cuando se realicen próximas a vegetación arbustiva o de matorral, 5 m, cuando se realicen en zonas de vegetación herbácea.
- **Áreas cortafuegos:** Son áreas en las que se hace una reducción del combustible vegetal, fundamentalmente de vegetación arbustiva, de matorral o herbácea y en ocasiones de la arbórea y en las que la anchura debe tener unas dimensiones de un treinta por ciento superiores a las señaladas para las líneas cortafuegos.
- **Vigilancia:** Es necesario crear una red de vigilancia para poder actuar rápidamente si se inicia un incendio o si se observan actividades que puedan dar lugar al incendio, ya sea por descuidos o intencionadamente.
- **Obras de ingeniería.** Para reducir la acumulación de material combustible o modificar su continuidad, tanto en forma horizontal como vertical: brechas cortafuego, líneas negras, podas, chaponeos, aclareos y quemas prescritas, entre otras.
- **Actividades educativas.** Para que las personas revaloren la importancia de los recursos naturales y adquieran hábitos de cuidado a las zonas forestales: campañas de difusión e información, capacitación y asistencia técnica para el uso del fuego en poblaciones rurales y urbanas.
- **Quemas controladas.** Las quemas controladas (también llamadas Fuego Prescrito) son una herramienta importante y barata para el manejo de la maleza, pasto y otros materiales que crecen dentro de los bosques. Este sistema controla las pasturas y evita el incendio forestal. La quema controlada previene incendios descontrolados y más destructivos. (ICF, 2020).

3.2.2. Regeneración natural

Se refiere a todas aquellas áreas o parcelas de la producción donde la vegetación y el surgimiento de árboles se dan en forma natural sin reforestar, para conservar y proteger la cobertura vegetal, evitando la erosión y almacenando humedad en las áreas de cultivo.

Es una alternativa para aquellas zonas secas de ladera y una forma de rescatar los árboles perdidos por el fuego o el corte. Se puede manejar la regeneración natural en áreas de cultivo, de descanso y en el terreno aledaño a la vivienda donde los árboles son mantenidos en sus sitios naturales, sin la intervención del productor (TECNO AGRO, 2020).

3.2.2.1. Beneficios de la regeneración natural:

- Mejor aprovechamiento de la energía solar en el cultivo y reduce las temperaturas altas o extremas en la planta.
- Reduce los daños causados por el viento y la evaporación del agua del suelo.
- Favorece el desarrollo de árboles asociados con cultivos.
- Almacena una mayor humedad en el suelo.
- Mejora aireación y distribución del agua en el suelo.
- Provee barreras contra la erosión provocada por el aire.
- Forma terrazas progresivamente.
- Mejora la estructura del suelo.
- Aumenta la resistencia del suelo a la erosión.
- Contribuye a un mejor uso del suelo para el manejo de los cultivos, especialmente en aquellas áreas de la parcela donde existen obras de conservación.
- Contribuye a la diversificación y recuperación de la biodiversidad en el micro y macro fauna.
- Contribuye al equilibrio de los microclimas. (ICF, 2020).

3.2.2.2. El manejo de regeneración natural en parcelas de cultivo

Es el sitio donde se mantienen sus cultivos de maíz, frijol y sorgo o maicillo. Normalmente se establecen dos ciclos por año, dependiendo de la zona, y se utiliza de 2 a 3 años, seguido por un período de descanso o barbecho y después se retoma para cultivo nuevamente.

Existen varias técnicas que se pueden realizar en el manejo de la regeneración natural, estas técnicas son:

- El manejo de rebrotes.
- El uso de la no quema.
- El raleo selectivo.
- El enriquecimiento de plantaciones naturales.
- El mejoramiento del suelo y uso de podas.



3.2.3. Plagas y enfermedades forestales

Ilustración 33. Regeneración natural, tomado de (ICF, 2018).

La factibilidad de las masas forestales depende en gran medida de sus condiciones actuales y por tanto de su resistencia frente a los múltiples agentes nocivos que amenazan a las especies arbóreas.

3.2.3.1. Plagas

El concepto de plaga forestal, se refiere a todos los animales, plantas y microorganismos que tienen un efecto negativo sobre la producción de bosques y otras superficies forestales.

Un insecto se considera plaga forestal, cuando genera daños, se producen pérdidas que afectan los valores ecológicos, económicos y sociales que se relacionan con los árboles de una

Categoría	Daño
Defoliadores	El follaje se puede ver afectado presentando orificios, ventanas, raspaduras, minas y solo nervaduras secundarias
Chupadores de savia	Insectos y ácaros de aparato bucal picador – chupador, ocasionan decoloraciones en las hojas producto de la agrupación de las punturas al succionar la savia. También pueden atacar los tallos y ramas no lignificados.
Formadores de agallas	Se presenta deformación de los tejidos de la planta producto de la alimentación en las zonas de crecimiento de esta, formando un sobrecrecimiento anormal denominado agalla. Puede ser inducido por insectos y ácaros.
Atacan brotes y yemas	El daño puede consistir en la barrenación de los tejidos de brotes en crecimiento, o perforación de los brotes terminales.
Atacan raíces	El daño ocurre cuando los insectos consumen las raíces secundarias y la corteza de la raíz principal, afectando el flujo de agua y nutrientes.
Atacan frutos y semillas	El daño consiste en la perforación de la testa de la semilla, para alimentarse del endospermo.
Atacan tronco y ramas	Se observa la perforación de la corteza externa y penetración hacia el duramen del árbol. Pueden alimentarse únicamente del floema y el tejido adyacente a la madera formando galerías típicas, mientras otros prefieren el duramen o la parte funcional del xilema. Atacan árboles en pie, madera recién apeada o madera seca.

Ilustración 34. Categorías de daño de las plagas sobre las especies forestales.

plantación. Los insectos se clasifican de acuerdo a las distintas partes que atacan al árbol, por lo tanto, se pueden clasificar en (RED ITC, 2014):

3.2.3.2. Enfermedades forestales

Se define como el disturbio en la estructura y funciones normales de la planta que afectan su desarrollo y calidad. Una anormalidad que no conlleve una disminución en el crecimiento o desarrollo, y en la cosecha final, no puede considerarse como una verdadera enfermedad.

Los síntomas de la enfermedad se manifiestan por la acción de patógenos; sin embargo, también se pueden causar enfermedades por agentes abióticos, tales como las deficiencias nutricionales y los extremos medio ambientales.

3.2.3.3. Plagas y enfermedades de importancia forestal

- **Caoba**: El barrenador de yemas es una plaga que ataca la yema apical de la planta, ocasionando su muerte. La plaga que ataca principalmente a la caoba es la *Hypsipyla grandella*. Esta plaga provoca los mayores daños, tanto a nivel de vivero como de plantaciones jóvenes.
- Otras plagas, son los perforadores del género *Platypus* que producen pequeños orificios en la madera.
- **Laurel La cochinilla** es el principal enemigo del laurel (el 90% de los laureles la tienen). Sobre la melaza azucarada que excretan éstas, se asienta el hongo *Negrilla*, que más daño le provoca a la planta.
- El pulgón es frecuente también.
- **La Sila (*Psylla piri*)** es otra plaga que produce síntomas llamativos. Las hojas aparecen arrugadas como consecuencia de las picaduras de este pequeño insecto chupador. Es difícil ver al causante del mal puesto que no permanece estático en la hoja.



Ilustración 35. Larva de *Hypsipyla grandella*, tomado de (Dueñas, 2022).

Secamiento descendente en pinos: *Diplodia pinea* (hongo).

- **Pérdida de agujas.** comienzan a exhibir manchas marrones en las ramas, algunas con márgenes de color amarillo, eventualmente, las manchas se hacen más grandes. Las hojas comienzan a ponerse amarillas y luego marrones, hasta morir.
- **La plaga de manchas marrones.** Esta enfermedad causa manchas en hojas de pino individuales que empiezan con un color amarillo y luego llegan al marrón.
- **La fumagina** es otro hongo que afecta a todas las especies de pino. Esta enfermedad causa costras negras, en las hojas, ramas y tallos del pino.
- **Chancro del pino.** El chancro generalmente afecta a los pinos que crecen en plantaciones, aunque también se pueden encontrar en una configuración de huertos. Los síntomas de esta enfermedad incluyen chancros resinosos en el tronco, las ramas o las raíces de los árboles del pino y un engrosamiento de la copa del árbol.



Ilustración 36. *Plagas forestales*, tomado de (CFV, 2014).

3.3. Importancia de la valoración del bosque (captura de carbono, bienes y servicios forestales, agroturismo)

Los bosques son cada vez más un recurso crítico para el desarrollo sostenible de los países tropicales por la creciente presión ejercida por la sociedad y la contribución de los servicios ecosistémicos del bosque a la sostenibilidad de varios sectores socioeconómicos.

Aunque la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático, a través del Protocolo de Kyoto, establece la importancia de los bosques para la mitigación del cambio climático por su rol como sumideros de carbono el calentamiento global constituye también una fuente más de presión sobre los bosques tropicales, lo cual podría contribuir a intensificar los conflictos entre sectores por el acceso a los bienes y servicios ecosistémicos del bosque. (Perez, 2013).

3.3.1. Captura de Carbono

Los bosques tropicales capturan un volumen considerable de carbono mediante la fotosíntesis y lo almacenan en la vegetación y los suelos. Si se gestionan correctamente, actúan como reservorios a largo plazo, almacenando potencialmente el carbono durante décadas, incluso siglos.

El carbono puede ser capturado mediante el crecimiento de los bosques, la reforestación y la restauración, así como en los sistemas agroforestales y silvopastoriles. El manejo forestal sostenible garantiza que las reservas de carbono de los bosques se mantengan a largo plazo evitando su degradación.

La explotación sostenible de los bosques para la obtención de productos de madera también puede aumentar el almacenamiento mundial de carbono.



Ilustración 37. Reservorios de carbono, tomado de (ITTO, 2015).

Existe un potencial considerable para aumentar la captura de carbono en los trópicos, incluso mediante la restauración de tierras forestales degradadas y la producción sostenible de madera. En muchos casos, la cristalización de este potencial requerirá una mayor claridad en la tenencia de la tierra y el carbono, asegurando que las jurisdicciones y la población local se beneficien con los bosques y árboles que establezcan y manejen, y cadenas de suministro de madera legales y sostenibles.

La OIMT ayuda a sus países miembros del trópico a hacer frente a estos y otros desafíos mediante la elaboración de políticas, el desarrollo de capacidades y la ejecución de proyectos en el terreno. (ITTO, 2015).

3.3.2. Bienes y servicios forestales

Los bosques proporcionan una amplia variedad de bienes, como alimentos, madera o fibra, y servicios como la regulación del clima, protección de la captación del agua, fuente de alimentos, medicinas y combustibles, reducción de la pobreza, goce espiritual y placer estético.

La subsistencia y desarrollo de una sociedad, dependen del aprovechamiento sostenible de sus recursos naturales, ya que influyen de manera directa en la satisfacción de necesidades básicas, por lo que es imprescindible una valoración de la relación que existe entre los recursos naturales, la salud del planeta y la especie humana.

Un manejo forestal sostenible asegura la producción de los servicios ambientales, donde las actividades forestales consideran las interacciones ecológicas, económicas y sociales, es la gestión y uso de los bosques a modo que conserve su diversidad biológica, productividad y capacidad de regeneración. (REFORESTAMOS, 2018).

3.3.3. Agroturismo

Según la OMT el agroturismo sería sinónimo de Turismo Rural. Aquel tipo de turismo centralizado en entornos no urbanos que utilizan y aprovechan las instalaciones y recursos del mundo rural, como por ejemplo las granjas, las masías, los faros, las explotaciones agrarias, entre otras.

Son muchas las iniciativas que han sido tomadas por diversos pueblos para fomentar las visitas de foráneos en sus núcleos y dar un impulso a la economía. Aprovechando todos los recursos naturales.



Ilustración 38. Agroturismo.

Estos municipios ubicados en parajes naturales de ensueño desarrollan el agroturismo, que, para ellos es una estrategia empresarial. La experiencia de conocer un nuevo lugar a través de su actividad económica principal, que en este caso es la agricultura. (Futurismo, 2022).

El agroturismo puede destacar por algunas cualidades importantes:

- **Sirve de motor dinamizador de las comunidades rurales:** Utilizar el motor económico del turismo para sacar a comunidades rurales del empobrecimiento económico y cultural y del olvido.
- **Contribuye a evitar el deterioro del planeta:** Cada vez hay más conciencia y conciencia del cambio climático, de utilizar los recursos naturales energéticos como es el sol, el

agua, el viento o la geotermia. El agroturismo se convierte en una respuesta justa y acertada a los problemas medioambientales que debemos atajar lo antes posible. Apostar por la sostenibilidad en hoteles y resorts, inversión en granjas y explotaciones no dañinas.

- **Nos ayuda a conectar con nosotros mismos:** En la naturaleza el ser humano encuentra ese equilibrio emocional.

3.4. Volúmenes de madera (pie, rollo, tablar)

Para realizar la cubicación de madera en campo las herramientas más fáciles de conseguir son el metro y cinta métrica estas herramientas tienen medidas en milímetros, centímetros, metros, pulgadas y pies, estas herramientas mediante la medición directa nos darán las dimensiones de los objetos medidos (Mamani, 2017).



Ilustración 40. Metro.



Ilustración 39. Cinta métrica.

3.4.1. Formas de medir el volumen de árboles en pie tumbados y sus derivados (madera aserrada, cuartón, vigas, listones y tablas)

Para conocer en volumen de madera de un árbol en pie, tumbado o seccionado se tomaran datos con instrumentos de medición de los lugares medibles, es decir de los diámetros mayor, menor y el largo, todos estos datos se obtendrán en metros así de esta forma el volumen de madera será en metros cúbicos, en el comercio de madera en tronca a nivel nacional se maneja en metros cúbicos.

En el comercio de madera aserrada entre los cuales podemos mencionar tablas, vigas, listones, cuartones y madera dimensionada, la comercialización se realiza en pie tablar, esta unidad de comercialización se maneja a nivel internacional y nacional. Un pie tablar es equivalente al resultado de la medición de una pieza de madera con las siguientes medidas, un pie de ancho por un pie de alto y de espesor una pulgada (Mamani, 2017).



Ilustración 41. Exportación de madera, tomado de (Lobo, 2021).

Pie tablar

$$1 \text{ cm} = 10 \text{ mm}$$

$$1 \text{ m} = 100 \text{ cm}$$

$$1 \text{ pulgada} = 2,54 \text{ cm}$$

$$1 \text{ pie} = 12 \text{ pulgadas} = 30,48 \text{ cm}$$

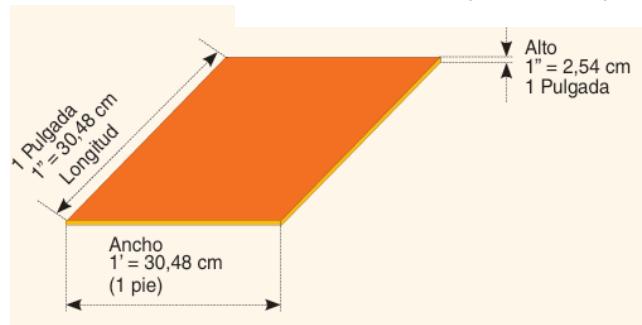


Ilustración 42. Pie tablar, tomado de (Mamani, 2017).

3.4.2. Cubicación árbol en pie

Este caso se da cuando el árbol aún se encuentra en pie es decir en su forma natural en el bosque, para conocer el volumen de madera de un árbol en pie se utiliza la siguiente fórmula

$$V = 3.1415 \times (\text{Dap})^2 \times \text{Hc} \times f$$

4

Dónde: V = Volumen de la madera en metros cúbicos

Dap = Diámetro del árbol a la altura del pecho en metros

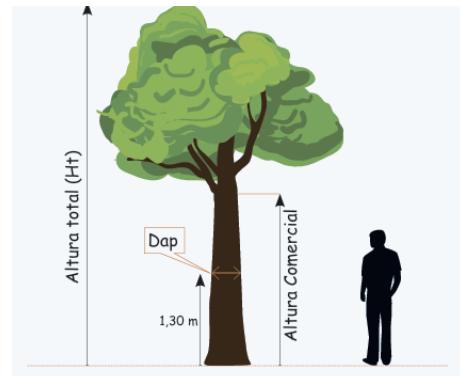
Hc = Altura comercial del árbol en metros

f = Factor de forma = 0.75 (forma del fuste cilíndrico)

Esta fórmula será de mucha ayuda si quieras saber la cantidad de madera que podrás obtener de los árboles en pie que hay en tu propiedad. Debemos saber que la medida del DAP (diámetro a la altura del pecho) se debe tomar a 1.30 m de altura de la base. Para aplicar la fórmula también se necesita la altura comercial (Hc) del árbol, es decir la altura hasta donde el fuste esté recto. El factor de forma (f) es una característica que tiene cada especie, se utiliza el valor de 0.75 para todas las especies.

Ejemplo 1: Como se debe tomar la medición de un árbol en pie o árbol en su estado parado en el bosque, para

Por ejemplo: En la Comunidad de Magdalena en el municipio de San Francisco, Lempira el Directorio aprobó la venta de un árbol de cedro, para lo cual deben realizar la respectiva cubicación. El agricultor se dirige al bosque y obtiene las siguientes medidas.



Forma correcta de realizar la medición de árbol en pie

Ilustración 43. Medición del árbol en pie, tomado de (Mamani, 2017).

Solución:

- 1) Reemplazamos los números en la fórmula y obtenemos el volumen del tronco

$$V = \frac{3.1415 \times (\text{Dap})^2 \times \text{Hc} \times f}{4}$$

$$V = \frac{3.1415 \times (0.5 \text{ m})^2 \times 5 \text{ m} \times 0.75}{4} = 0.736 \text{ m}^3$$

4

Datos tomados del árbol de Cedro por el agricultor

Dap = 0.5 metros

Hc = 5 metros

f = 0.75

Calculamos el rendimiento de la troza:

El rendimiento estandarizado por **Instituto de Conservación Forestal (ICF)** y estudios realizados donde un $1 \text{ m}^3 \approx 424$ pies tablares (pt).

$$\begin{array}{rcl} 1 \text{ m}^3 & \ldots & 424 \text{ pt.} \\ 0.736 \text{ m}^3 & \ldots & x \end{array}$$

$$X = \frac{0.736 \text{ m}^3 \times 424 \text{ pt.}}{1 \text{ m}^3} = 312.064 \text{ pt.} \quad 312 \text{ pies tablares (pt.)}$$

Respuesta: El volumen de madera en pie será 312 pt. (pies tablares)

3.4.3. Cubicación de madera en (troza)

Esta cubicación se realiza cuando el árbol ya ha sido tumbado y trozado en secciones, la medición que se toma para el cálculo de volumen es la medición de los diámetros de ambos extremos es decir el diámetro mayor, diámetro menor y el largo de la troza.

$$\text{Volumen de troza} = \frac{0,7854 \times (D1)^2 + (D2)^2 \times L}{2} = \text{m}^3$$

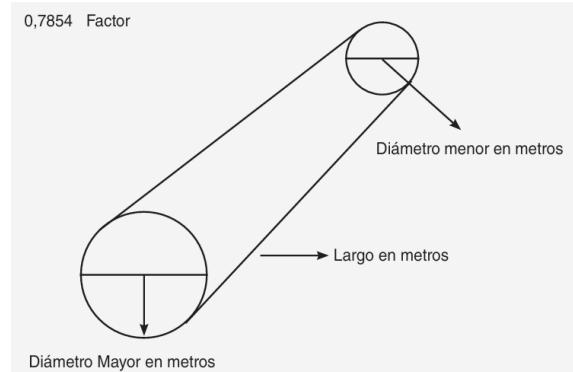
Datos:

D1 = Diámetro menor en metros al cuadrado

D2 = Diámetro mayor en metros al cuadrado

L = Largo de la (Troza) en metros

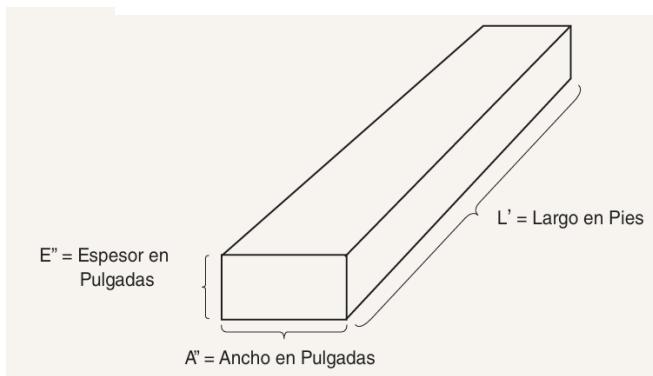
0,7854 Factor



3.4.4. Cubicación en madera aserrada:

Para calcular el volumen en pie tablar de madera aserrada como ser: vigas, listones, cuartones y otras maderas dimensionadas, se debe tomar las mediciones del ancho en pulgadas, el espesor en pulgadas y el largo en pies, así se obtendrá el volumen de la pieza medida en pies tablares.

Ilustración 44. Cubicación de la madera en troza, tomado de (Mamani, 2017).



La fórmula para realizar el cálculo de volumen de madera aserrada es la siguiente:

$$Pt = \frac{E'' \times A'' \times L'}{12}$$

Dónde:

Pt = Pie tablar

E'' = Espesor de la madera en pulgadas

A'' = Ancho de la madera en pulgadas

L' = Largo de la madera en pie

En 1 m³ de madera aserrada existen 424 pies tablares de madera.

3.5. Certificación Forestal

La Certificación forestal es un proceso de carácter voluntario mediante el cual las empresas pueden asegurar que sus productos forestales provenientes de sus bosques han sido obtenidos de manera adecuada y sustentable.

En este contexto, la certificación de manejo sustentable de los bosques descansa sobre la base de tres aspectos importantes: **Ambiental, social y económico**.

La sustentabilidad se refiere al mejoramiento sostenido y equitativo de la calidad de vida de las personas, conservando apropiadamente el medio ambiente, tanto para satisfacer las necesidades de la gente de hoy como de las generaciones futuras.

Un estándar este compuesto por una serie de requerimientos que las empresas forestales deben cumplir. Estas son exigencias aceptadas internacionalmente acredita en terreno que el manejo aplicado a los bosques cumple con un estándar determinado. (Alvarado, 2014).



Ilustración 46. Proceso de certificación forestal, tomado de (ICF, 2023).

3.5.1. Beneficios de la certificación

- Aprovechar y comercializar legalmente los árboles.
- Una garantía para transacciones comerciales.
- Respaldo para efectos legales.
- Protección de expropiación del terreno.
- Es transferible por herencia o venta del terreno. (Alvarado, 2014).

3.5.2. Consideraciones al Certificar

El certificado de plantación no presume propiedad de la tierra, sino de los árboles. Se pueden certificar plantaciones en propiedad privada, ejidal o nacional. En los terrenos nacionales el

estado puede otorgar Contratos de Usufructo con vigencia indefinida mientras se mantengan con plantaciones forestales.

3.5.3. Base Legal Para La Certificación

La certificación es un proceso legal basado en:

- Constitución de la República, Artículos 340 y 341.
- Decreto No. 98-2007: Ley Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre, Título VIII, Capítulo III Incentivos a la Forestación y Reforestación, Artículo 149, Numeral 10 a 15.
- Resoluciones DE MP 058 2008 y DE-MP-057-2008 de la Dirección Ejecutiva del ICF.

3.5.4. Requisitos Para La Certificación

Solicitud de certificación de plantación forestal, usando formatos disponibles en las oficinas del ICF.

- Informe de la plantación.
- Coordenadas de la poligonal.
- Cronograma de actividades de seis quinquenios.
- Constancia de solvencia del profesional forestal.
- Mapa de la plantación.
- Croquis de ubicación de la plantación.
- Documentos del propietario: copia de cédula de identidad y documento de propiedad.
- Esta información debe ser presentada en formato impreso y digital.

3.5.5. Procedimiento Para La Certificación

- El silvicultor o técnico forestal llena la solicitud y la entrega en la oficina regional del ICF.
- Personal del ICF verifica la información: ubicación, área, especie, edad y otros.
- Estos últimos elaboran y envían el dictamen de aprobación al ICF en Tegucigalpa.

- La Dirección Ejecutiva del ICF emite la respectiva resolución y el Certificado de Plantación. Después de ser aprobado, se entrega el certificado al silvicultor.

3.6. Importancia del manejo integrado y sostenible del bosque

El término «desarrollo económico ambientalmente sostenible», o más simplemente «desarrollo sostenible», fue difundido por el informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo titulado Nuestro futuro común.

En el mismo se define el desarrollo sostenible como el que «satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para hacer frente a las suyas». (Alvarado, 2014).



Ilustración 47. Manejo integrado y sostenible del bosque, tomado de (ICF, 2022).

3.6.1. Manejo Integrado de los bosques

Manejo integrado del bosque, como estrategia de desarrollo local permite articular diferentes percepciones en una visión conjunta para alcanzar el desarrollo sustentable. Para ello el área protegida juega un papel fundamental de integración de acciones desde el nivel local que luego se integran en la política nacional y posiblemente en la visión regional de conservación.

- Las políticas de gestión territorial se cumplen por cada uno de los actores locales lo cual establece una organización de funciones y actividades a diferentes escalas.
- Las comunidades cumplen con el mandato y el potencial uso del suelo y se mantienen una estructura natural estable.

3.6.2. Manejo Sostenible del Bosque

El Manejo Forestal Sustentable es el conjunto de acciones y decisiones sobre los bosques, que tiene por objetivo el obtener beneficios económicos y sociales de estos, sin alterar su función ecológica. Todo esto con el fin de satisfacer las demandas actuales de la sociedad, sin comprometer la satisfacción de las necesidades futuras.

3.6.3. Las prácticas del Manejo Forestal Sustentable son

- Inventario
- Mapeo del bosque
- Censo comercial
- Análisis financiero
- Tala y descope
- Extracción
- Transporte
- Inventario de la masa remanente
- Tratamientos silviculturales.

En el MFS (Manejo Forestal Sostenible) se utilizan los árboles maduros que ya han pasado su fase reproductiva, dejando en el bosque a los individuos jóvenes que aún se pueden reproducir. De cada hectárea, se aprovechan aproximadamente cuatro a ocho árboles, los cuales son extraídos utilizando técnicas de impacto reducido.

ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE PERTINENTES SUGERIDAS

1. Desarrolla prácticas de protección forestal (triángulo del fuego, prevención de incendios, plagas y enfermedades).
2. Promueve el ecoturismo y agroturismo.
3. Cuantifica los servicios ecosistémicos del bosque (captura de carbono)
4. Estima volúmenes en madera (Pie, rollo, tablar)
5. Aplica lineamientos para la certificación forestal
6. Elabora e implementa planes de manejo forestales

HERRAMIENTAS O PLATAFORMAS DIGITALES SUGERIDAS

Nombre de la herramienta	Utilización
iNaturalist	Herramienta colaborativa para identificar y rastrear plagas y enfermedades en el bosque.
Global Forest Watch Fires	Monitorea incendios forestales en tiempo real mediante datos satelitales.
Canva	Para crear materiales promocionales, como folletos y publicaciones.
ArcGIS StoryMaps	Diseña mapas interactivos y narrativos para destacar sitios turísticos.
Microsoft Excel	Para realizar cálculos de cubicación y tablas de conversión.
ArcGIS o QGIS	Mapeo y análisis espacial para cumplir con los requisitos de certificación.
ASF DATA SEARCH	Plataforma con acceso a imágenes satelitales para la elaboración de mapas

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Demostrar conocimiento en manejo integrado y sostenible del bosque, utilizando técnicas de protección y conservación forestal

CE3.1. Define la importancia del bosque para la prolongación de la vida en la tierra
CE3.2. Reconoce el bosque como fuente y producción de agua en el ecosistema.
CE3.3. Identifica las distintas opciones de manejo del paisaje como estrategia de desarrollo comunitario y productivo de forma integral.
CE3.4. Enlista los diferentes tipos de bosque de acuerdo a su clasificación

CE3.5. Cuantifica volúmenes de madera, usando instrumentos de medición y cálculos matemáticos.
CE3.6. Identifica las diferentes técnicas de protección forestal, según el tipo de bosque de la zona
CE3.7. Utiliza instrumentos y fórmulas matemáticas para el cálculo de volúmenes de madera en pie, usando distintos métodos de estimación
CE3.8. Enumera los principios de la certificación forestal, para el aprovechamiento sostenible del bosque
CE3.9. Emplea técnicas de manejo integrado de distintos ecosistemas forestales
CE3.10. Maneja el proceso de certificación forestal

METODOLOGÍA Y EVALUACIÓN

La metodología es una serie de procesos, técnicas y métodos que utiliza el docente para poder transferir los conocimientos a sus estudiantes. Debido a la gran cantidad de técnicas, procedimientos y métodos que se usan para enseñar, es necesario que el docente pueda seleccionar la técnica, el método o el procedimiento que le permita lograr los objetivos propuestos en contenido o tema dado.

Recuerde que esto no es una camisa de fuerza ni un recetario. Por el contrario, esto nos permite crear, desarrollar habilidades y destrezas y seleccionar el mejor proceso para un mayor aprendizaje en nuestros estudiantes.

La metodología sugerida en esta unidad se detalla a continuación

Metodología	Evaluación
Simulación y estudio de casos: <ul style="list-style-type: none"> Proporcionar escenarios reales o ficticios de incendios forestales o brotes de plagas. Los estudiantes deben diseñar un plan de prevención y respuesta basado en el triángulo del fuego. Utilizar herramientas como mapas para evaluar riesgos. 	Creación de un plan de acción contra incendios y plagas. Presentación del análisis del caso en un informe o exposición oral. Uso de rúbricas para calificar la precisión y viabilidad del plan.
Diseño de una experiencia turística: <ul style="list-style-type: none"> Los estudiantes identifican un área potencial para ecoturismo o agroturismo y diseñan un proyecto promocional. 	■ Producto entregable: Un itinerario turístico o propuesta de desarrollo.

<ul style="list-style-type: none"> Incluyen mapas, actividades sostenibles y materiales de marketing. 	<ul style="list-style-type: none"> Evaluar mediante una exposición del proyecto (puede incluir maquetas, folletos o videos). Ponderar aspectos como la originalidad, sostenibilidad y factibilidad económica.
<p>Práctica de campo:</p> <ul style="list-style-type: none"> Los estudiantes seleccionan un área forestal, toman mediciones básicas de árboles (diámetro, altura) y aplican fórmulas para calcular el carbono capturado. Usar herramientas digitales para calcular manualmente con fórmulas sencillas. 	<p>Informe técnico donde incluyan:</p> <ul style="list-style-type: none"> Datos recolectados en campo. Cálculos realizados. Interpretación de los resultados y su relevancia ecológica. Rúbrica para evaluar la calidad de los cálculos, la recolección de datos y el análisis.
<p>Ejercicio de cubicación de madera: Los estudiantes miden trozos (troncos) reales o simuladas (con modelos) y aplican fórmulas como Smalian o Newton.</p> <p>Utilizan cinta métrica o herramientas digitales (apps de cubicación).</p>	<p>Informe donde presenten:</p> <ul style="list-style-type: none"> Mediciones. Cálculos volumétricos. Comparación con tablas predefinidas. <p>La evaluación se enfoca en la precisión de las mediciones y el uso correcto de las fórmulas.</p>
<p>Visita a una finca certificada o al ICF:</p> <ul style="list-style-type: none"> Observar prácticas de manejo sostenible. Analizar cumplimiento de criterios de certificación (FSC, Rainforest Alliance, entre otro.). 	<p>Informe: Claridad, estructura y análisis crítico. Participación en campo: Observación activa y recolección de datos. Presentación: Comunicación efectiva y justificación de propuestas.</p>
<p>Diseño de un plan de manejo:</p> <ul style="list-style-type: none"> Los estudiantes seleccionan una parcela forestal y elaboran un plan de manejo que incluya: zonificación, inventario forestal, estimación de rendimientos y recomendaciones de uso sostenible. Pueden usar herramientas SIG como QGIS o mapas físicos. 	<p>Entrega de un documento que incluya:</p> <ul style="list-style-type: none"> Zonificación y mapa del área. Objetivos del manejo. Estrategias de conservación y aprovechamiento. <p>Se evalúa la estructura, la justificación de decisiones y la claridad de las estrategias propuestas.</p>

El Suelo es una capa de la corteza terrestre, formada por elementos de origen mineral y orgánico. Esto se debe a la alteración (o meteorización) de las rocas de la litosfera (denominada roca madre) y al aporte de los restos de materia orgánica de las plantas y animales que nacen, viven y mueren sobre él (RED ITC, 2014).

4.1. Conceptos básicos de suelo (origen de suelo)

Desde una visión geotécnica, es el material sin consolidar que se encuentra sobre el lecho rocoso. Desde el punto de vista agrícola, el suelo es la capa de material fértil que recubre la superficie de la tierra y que es explotada por las raíces de las plantas y a partir de la cual obtienen sostén, nutrientes y agua (RED ITC, 2014).

Las características y el espesor de los suelos dependen de la intensidad con que actúen los procesos de formación, el tiempo que haya durado su acción y la resistencia del material original a sufrir esos cambios. El suelo está formado por 3 tipos de componentes:



Ilustración 48. Preparación de suelos, tomado de (Carcamo, 2024).

- **Líquido:** Constituida por agua con cantidades variables de materia mineral, de anhídrido carbónico y oxígeno; debido a ella, los nutrientes penetran en las plantas para contribuir a su desarrollo.
- **Sólido:** Constituida por materiales orgánicos (plantas, hongos, algas, bacterias, larvas de insectos, roedores y otros), resultantes de las plantas y animales vivos o muertos; materiales inorgánicos o minerales formados de los residuos de la descomposición de la roca madre.

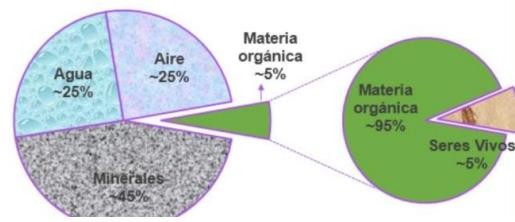


Ilustración 49. Componentes del suelo, tomado de (Carolagos, 2020).

- **Gaseoso:** Es la capa más superficial de la corteza terrestre, que resulta de la descomposición de las rocas por los cambios bruscos de temperatura y por la acción del agua, viento y seres vivos.

4.1.1. Origen del Suelo

Los suelos se originan con la acumulación de material parental meteorizado y finamente dividido o separado de la roca madre, y que, con su interacción con los organismos vivos, se inicia entre ellos la fase constructiva de los procesos de formación del suelo. Las características y el espesor de los suelos dependen de la intensidad con que actúen los procesos de formación, el tiempo que haya durado su acción y la resistencia del material original a sufrir esos cambios.

Tabla 14. Composición de la Corteza terrestre.

Origen	46.4
Silicie	27.6
Aluminio	8.1
Hierro	5.1
Calcio	3.6
Magnesio	2.1
Sodio	2.8
potasio	2.6
Otros elementos (titánio, hidrógeno, fósforo, manganeso)	1.7

4.2. Interpretación de la calicata

Las calicatas o calas son una de las técnicas de prospección empleadas para facilitar el reconocimiento geotécnico, estudios edafológicos o pedológicos de un terreno. Son excavaciones de profundidad pequeña a media, realizadas normalmente con pala.

Las calicatas permiten la inspección directa del suelo que se desea estudiar y, por lo tanto, es el método de exploración que normalmente entrega la información más confiable y completa. En suelos con grava la calicata es el único medio de exploración que puede entregar información confiable y es un medio muy efectivo para exploración y muestreo de suelos de fundación y materiales de construcción a un costo relativamente bajo (RED ITC, 2014).



Ilustración 50. Interpretación de la calicata, tomado de (Sánchez, 2024).

La sección mínima recomendada es de 0,80 m por 1,00 m a fin de permitir una adecuada inspección de las paredes. El material excavado deberá depositarse en la superficie en forma ordenada separado de acuerdo a la profundidad y horizonte correspondiente. Debe desecharse todo el material contaminado con suelos de estratos diferentes.

Las calicatas son rápidas y sencillas de hacer además de ser sumamente confiables en cuanto a los resultados obtenidos. Por ende, es uno de los métodos predilectos al momento de evaluar las condiciones superficiales de un terreno y Las características más destacadas del reconocimiento edafológico por calicatas se detallan a continuación:

- Dada la sencillez del procedimiento, las calicatas pueden implementarse en todas las variedades de terreno, y bajo una importante diversidad de condiciones geológicas.
- La profundidad de las calicatas depende del alcance de la exploración; está limitada por el nivel freático del suelo. Es decir, la altura del pozo dependerá de la distancia a la que está el agua en el subsuelo, con la superficie del terreno como referencia. A veces la profundidad no supera 5 metros; en casos excepcionales alcanza 10 metros.
- Las características de la excavación varían según el suelo: si son suelos cohesivos y el pozo tiene menos de 3 metros de profundidad, se implementan soportes secundarios (arriostramientos) para garantizar la estabilidad, Si son suelos sin cohesión, bastara con excavar dejando una pendiente pronunciada en las paredes del hoyo de prueba.

4.2.1. Las calicatas permiten

- Una inspección visual de la terrena in situ.
- Toma de muestras.
- Realización de algún ensayo de campo.
- La profundidad de este tipo de reconocimiento suele pasar de los 5 metros, aunque en casos extremos puede alcanzar los 10 metros de profundidad.

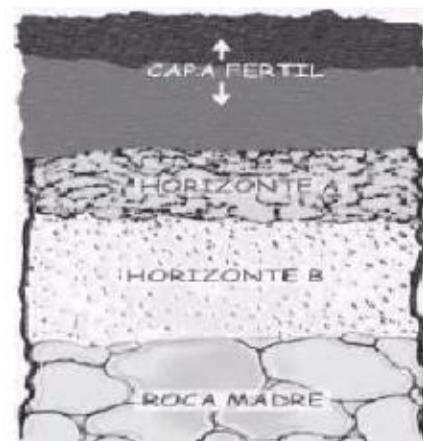


Ilustración 51. Horizontes del suelo, tomado de (RED ITC, 2014).

4.2.2. Aplicaciones

En terrenos cohesivos principalmente, también puede realizarse en terrenos granulares, pero si se requiere un conocimiento de los parámetros resistentes, la práctica imposibilidad de toma de muestras para ensayo en laboratorio, exige la utilización de otras técnicas de reconocimiento.

Ningún estudio de suelos puede desarrollarse sin la caracterización, la observación y el análisis de los perfiles del suelo que exige el trabajo de campo.

Existen 4 tipos de observaciones en campo

- Observaciones en calicata, consisten describir en forma detallada y los perfiles representativos de los suelos, para llegar clasificación taxonómica de las unidades de mapeo.
- Observaciones detalladas, las cuales se realizan en huecos a una profundidad suficiente para estudiar el horizonte B, o para describir las características de los parameros 40-50 cm que permiten establecer el límite de variación de las unidades taxonómicas, la sección profunda del perfil se realiza con barreno.
- Observaciones de comprobación, se utilizan para comprobar unidades taxonómicas caracterizadas previamente.

4.3. Componentes y propiedades del suelo

El suelo está conformado por varios elementos como rocas, arena, arcilla, humus, esta es la materia orgánica en descomposición, minerales y diferentes elementos de proporciones, los elementos de los suelos se pueden clasificar entre inorgánicos, como la arena, la arcilla, el agua y el aire entre otros.



4.3.1. ¿Qué son?

Ilustración 52. Componentes del suelo, tomado de (Sánchez, 2024).

Los componentes del Suelo son los que se ocupan de alimentar toda la vida que forma parte del mundo vegetal en cada una de las secciones que posee el suelo, estos son esenciales para que se pueda realizar el adecuado crecimiento de las plantas

por lo que es fundamental que todas esas partes se encuentren en un buen estado para que las plantas puedan sobrevivir.

La estructura de cada uno de los elementos del suelo cambia con la finalidad de realizar diferentes clases de suelo, para tener un modelo de ello el suelo se encuentra clasificado como arcilloso posee una gran cantidad de agua que los suelos llamados ligeros y arenosos tienen

- **Minerales** Cada uno de los suelos que existen se encuentran conformados por limo, arena y arcilla, existen otras variedades de suelo que mantienen una concentración mucho más alta de dichos minerales en comparación con los demás de forma frecuente los minerales y las rocas conforman la mayor parte de los elementos del suelo ya que dichas rocas y minerales pueden proceder entre materiales inorgánicos como indiferentes.
- **La arena** se encuentra conformada por pequeños pedazos de cuarzo algunos otros elementos por sí mismos no poseen el adecuado contenido de nutrientes que necesitan las plantas, la arena es conocida por ser una partícula del suelo con mayor tamaño y grosor, mientras que el agua tiene especialidad de poder pasar a través de ella con mayor facilidad que en los otros modelos de suelos.
- **El limo** se basa en una mezcla de piedras de cuarzo con varios minerales, las partículas que están en el suelo son más pequeñas que las de arena, aunque son un poco más grande que las de arcilla.
- **La arcilla** es conocida por ser uno de los suelos en donde está presente el mayor contenido de minerales y nutrientes como es el caso del hierro, el calcio y el potasio, las partículas de poco tamaño que están presentes en el suelo provienen de la arcilla en donde en algunos casos puede llegar a ser muy espesa complicada de manejar.
- **Inorgánicos** La fase sólida de los suelos, están formados más que todo por elementos inorgánicos cuya determinación química es diferente y variada, estas sustancias son mezclas de componentes a las que se les conoce como rocas.

4.3.2. Propiedades Físicas del suelo

Color: Aun cuando el color es una característica poco importante, en muchos casos sirve para indicar otras propiedades de los suelos, debido a que es la característica más visible y manifiesta del suelo.

Su color varía con el contenido de humedad. El color rojo indica contenido de óxidos de hierro y manganeso; el amarillo indica óxidos de hierro hidratado: el blanco y el gris indican presencia de cuarzo, yeso y caolín; Y el negro y marrón indican materia orgánica.

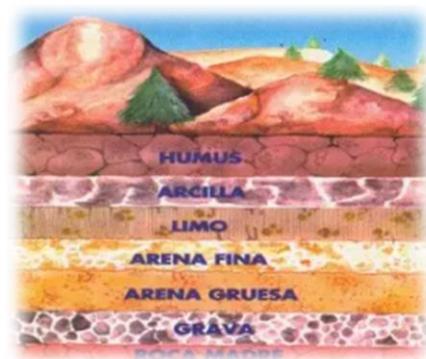


Ilustración 53. Colores del suelo, tomado de (RED ITC, 2014).

Cuanto más negro es un suelo, más productivo será, por los beneficios de la materia orgánica, el color se aclara a medida que se profundiza. Los colores pardos, rojizos amarillentos, indican que los suelos son bien aireados y no se encharcan, los colores grises y manchados de verde azuloso, indican que los suelos permanecen mucho tiempo encharcados.

Temperatura La temperatura del suelo es importante porque determina la distribución de las plantas influye en los procesos bióticos y químicos. Cada planta tiene sus requerimientos especiales. Encima de los 5 °C es posible la germinación.

Textura Los huesos del suelo están compuestos por diminutas piedras como partículas, llamadas minerales. Los más grandes son los granos de arena que pueden verse a simple vista, los otros son más pequeños llamados limo (como lo que compone el lodo) y los más pequeños son las partículas de arcilla.

Los suelos están hechos de varias proporciones de estas partículas. Algunos suelos son principalmente arenosos, otros tienen mayores proporciones de limo y arcilla. La proporción de estas partículas en el suelo determinan sus características físicas en cuanto al aire y agua que pueden sostener.

4.4. Propiedades y salud del suelo de la finca modelo

La salud del suelo define la calidad del suelo, es decir, es la capacidad continua del suelo para funcionar como ecosistema vital que sustente las plantas, los animales y los humanos.

Como se sabe, el suelo es un cuerpo natural de gran importancia que proporciona servicios ambientales, permite el crecimiento de las plantas, almacena agua retiene nutrientes, además es un reservorio de organismos como bacterias, hongos, nematodos, entre otros.



Ilustración 54. Propiedades del suelo, tomado de (Sánchez, 2024).

Para lograr que el suelo funcione de forma correcta, es importante el uso de prácticas de manejo encaminados a mejorar la salud del suelo con ello lograr beneficios agronómicos (aumentar productividad y la rentabilidad de los cultivos) y ambientales, inmediatos y en el futuro.

Desde el punto de vista agrícola y ambiental, la salud del suelo está directamente relacionada con propiedades físicas, químicas y biológicas favorables que promuevan el desarrollo de las plantas y ayuden con la calidad ambiental. En este sentido, este concepto lo podemos dividir en salud física del suelo, salud química del suelo y salud biológica del suelo; las cuales definiremos a continuación.

- **Salud física del suelo.** Este concepto hace relación al equilibrio que tiene el suelo en conservar y drenar agua, así como su capacidad de no restringir el crecimiento de las raíces de los vegetales. Lo anterior está relacionado con la textura del suelo, permeabilidad, porosidad y drenaje, principalmente.
- **Salud química del suelo.** Se define como la capacidad que tiene el suelo para que los nutrientes estén en el equilibrio y disponibles para las plantas.

Además, que la acidez y alcalinidad del suelo se encuentre en un rango óptimo para el cultivo, y que no existan problemas de salinidad.

- **Salud biológica del suelo.** Un suelo sano biológicamente es aquel que presenta una gran actividad de seres vivos que lo componen, ya que en ella interactúan millones de pequeños y grandes organismos.

En el suelo podemos encontrar poblaciones de hongos, bacterias, nematodos y otros organismos. La carga de organismos del suelo está relacionada con el contenido de materia orgánica. Además, suelos con alta cantidad de microorganismos descomponen más fácil y rápido los residuos de vegetales, lo que impacta positivamente en la salud química y física del suelo.

Ante este desafío, los agricultores deben implementar buenas prácticas agrícolas que puedan reconstruir o salvaguardar la salud de suelo. A continuación, algunas de las muchas prácticas recomendadas por los especialistas en la salud del suelo:

- **Cultivos de cobertura.** Algunas especies vegetales son recomendadas como cultivos de rotación cuando en alguna época del año no es posible establecer el cultivo tradicional debido al clima o vedas por la incidencia de alguna plaga o enfermedad, Estos cultivos protegen al suelo de la erosión causada por el viento y el agua, además algunas como las leguminosas son fijadoras del nitrógeno atmosférico.
- **Rotaciones de cultivos.** Cambiar el cultivo de un año a otro en un campo proporcionara una variedad de sistemas de raíces y diferentes residuos de cosecha. Esta práctica puede beneficiar los niveles de materia orgánica del suelo.
- **Adición de enmiendas orgánicas.** La aplicación de material orgánico al suelo aumentará paulatinamente el nivel de materia orgánica. Suelos con altos niveles de materia orgánica tienen mayor actividad microbiana, además se mejora la resistencia del suelo, así como la retención de agua y la aireación.
- **Drenaje del sub-suelo.** En los suelos que tienen alta capacidad de retención de agua (arcillosos), es común realizar rehabilitación mediante la instalación de un sistema de drenaje. Los suelos con buen drenaje son más saludables y menos propensos a la compactación. Además, el intercambio gaseoso es mejor (aireación) y la profundidad de enraizamiento es mayor.
- **Barreras rompevientos.** Este tipo de barreras proporciona protección contra la erosión del suelo, principalmente la eólica. Su función es disminuir la velocidad del viento y evitar la pérdida del suelo.

- **Análisis de suelo** Un suelo saludable es un suelo fértil. En este sentido, los análisis de suelo para conocer la evolución de disponibilidad de nutrientes en el suelo se deben hacer periódicamente y los programas de fertilización ajustarse según los resultados, así como los programas de aplicación de mejoradores y enmiendas orgánicas.

Un suelo saludable se logra mediante el uso de prácticas de manejo adecuados y que finalmente impactan en la productividad y rentabilidad del cultivo. Por lo que tanto científicos como agricultores debemos tener una comprensión más completa del estado de salud del suelo con la finalidad de conducir un plan de manejo encaminado a mejorar el recurso a través de enfoques holísticos, adaptativos y basado en datos.

4.5. Análisis de suelos (evaluación visual de suelo e indicadores cualitativos y cuantitativos)

Es un método práctico, basado en la observación visual de las propiedades de la tierra que indican la calidad que esta posee: (color, estructura, consistencia, porosidad, profundidad). El conocimiento de esta información facilitará la interpretación de los indicadores y la calificación de ese suelo: pobre, moderado y bueno (CRS, s.f.).

4.5.1. ¿Cuándo se debe realizar la evaluación visual suelo?

- Se hace cuando la tierra tiene humedad suficiente.
- Si usted no está seguro de la humedad adecuada, haga la “prueba del gusano”. Tome un poco de suelo en la palma de la mano y enróllelo con los dedos hasta formar un gusano de tierra que sea 50 centímetro largo y 4 mm de grueso.
- Generalmente se hace al inicio de las lluvias.
- Esta prueba toma aproximadamente 20 minutos por sitios

4.5.2. ¿Dónde se realizar la evaluación visual del suelo?

- Seleccionar de 3 a 4 sitios representativos de toda la finca. Evite áreas con mayor deterioro y/o buena calidad.
- En parcelas con Sistemas Agroforestal – café se hace en la parte alta, media y baja, esto permite evaluar los efectos de la adición de biomasa y calidad de la tierra.
- Seleccionar sitios de referencia, tomar una muestra de tierra bajo el cerco o bosque. Esto permite conocer la coloración natural del suelo sin los efectos de agroquímicos y otros manejos convencionales.

- Complete información del sitio al inicio de la calificación, anote datos que estime conveniente al inverso de la tarjeta, incluir referencias que ubiquen con facilidad los lotes.

4.5.3. Considere contar con los siguientes materiales y equipos:

- 1 Pala plana - recta, de 20 cm para excavar la superficie del suelo.
- 1 cubeta o balde plástico para depositar la tierra al llevar a cabo las pruebas.
- 1 bolsa plástica para extender la tierra, después de la prueba de fragmentos.
- Indispensable llevar consigo:
- Guía de campo del método EVS para hacer las comparaciones fotográficas.
- Tarjetas de Calificación para anotar la Puntuación o calificación visual (CV) en cada indicador de calidad.

4.5.4. Estructura y consistencia del suelo

Cuando califique visualmente tome en cuenta:

Debemos comparar la distribución de agregados por tamaño

- En la condición buena hay pocos terrones medianos y muchos pequeños.
- En la condición moderada hay algunos terrones grandes, algunos medianos y menos pequeños.
- En la condición pobre la mayoría de terrones son grandes y muy pocos pequeños.

¿Por qué es importante la estructura del suelo?

- La estructura es la forma en que las partículas finas del suelo se agregan formando terrones.
- Aunque se estudia poco es una propiedad muy importante.
- Determina la capacidad del suelo de airearse (brindar oxígeno a las raíces).
- Determina la capacidad del suelo de movilizar y almacenar el agua y los nutrientes.
- Determina la facilidad con que el suelo se puede erosionar

Pobre condición



Moderada condición



Buena condición



Ilustración 55. Reducida cantidad de partículas medianas y finas. Predominan los terrones.

Ilustración 57. Adecuada distribución de partículas medianas, pequeñas y finas. Presencia terrones.

Ilustración 56. Adecuada distribución de partículas medianas y pequeñas. Pocos terrones.

4.5.5. Porosidad del suelo

Cuando califique visualmente tome en cuenta:

Debe observar la abundancia de poros (espacios vacíos) en los terrones, no el color ni otras características que se observan en las fotos.

- En la condición buena hay bastantes poros y espacios en los que el aire y agua pueden moverse fácilmente.
- En la condición moderada hay menos poros, aunque todavía se observan algunos.
- En la condición pobre los terrones se ven compactados (apelazados), duros y sin poros

¿Por qué es importante la porosidad del suelo?

- Los poros permiten que el aire circule por el suelo.
- Si el aire circula fácilmente por el suelo las raíces tendrán oxígeno suficiente y podrán funcionar mejor.
- Los poros permiten que el agua se mueva fácilmente en el suelo.
- Si el agua circula fácilmente en el suelo las raíces pueden absorberla con facilidad, aprovechando también mejor los nutrientes y evitando inundaciones (que dejan sin oxígeno las raíces).

Pobre condición



Ilustración 60. No se ven macroporos. Estructura compactada cuya superficie se rompe formando cara angular.

Moderada condición



Ilustración 58. Hay algunos macroporos entre los agregados, se observa compactación.

Buena condición



Ilustración 59. Hay muchos macroporos entre los agregados, se nota buena estructura del suelo.

4.5.6. Coloración del suelo

Cuando califique visualmente tome en cuenta: Debe observar que tan claro u oscuro está el suelo.

Los colores oscuros normalmente se asocian a mayores contenidos de materia orgánica en el suelo, sin embargo, es necesario tomar en cuenta que el color del suelo cambia con la humedad, generalmente los suelos húmedos son más oscuros que los suelos claros.

- En la condición buena el suelo tiene un tono oscuro.
- En la condición moderada el suelo tiene un tono pardo o rojizo.
- En la condición pobre el suelo tiene un tono claro.

¿Por qué es importante la coloración del suelo?

- Los suelos con colores más oscuros tienen generalmente más materia orgánica.
- La materia orgánica permite un suelo más sano y que funciona mejor.
- La materia orgánica es el alimento de los microorganismos, por lo que sostiene la vida en el suelo.
- Un suelo vivo es un suelo más sano

Coloca un terrón o bloque de suelo junto a la imagen y compara.

Pobre condición



Ilustración 62. Suelo significativamente color más claro al comparar con suelo bajo la línea del cerco.

Moderada condición



Ilustración 61. Superficie color claro, difiere un poco con el suelo bajo el cerco aunque no mucho.

Buena condición



Ilustración 63. Superficie del suelo color oscuro, no difiere mucho con el suelo bajo el cerco.

4.5.7. Moteado del suelo

Cuando califique visualmente tome en cuenta: El moteado se refiere a ciertas manchas que pueden aparecer en los suelos cuando existen problemas de drenaje. Normalmente las manchas son amarillas o anaranjadas o pueden tornarse verdes a grises.

Es necesario reflexionar en cada caso, si existe la posibilidad de problemas de drenaje en el suelo evaluado, y distinguir con otro tipo de manchas que pueden aparecer.

- En la condición buena el suelo no tiene moteado o manchas de mal drenaje
- En la condición moderada el suelo tiene moteado, pero éstas no cubren más del 25% de la superficie de los terrones.
- En la condición pobre el suelo tiene un moteado muy pronunciado

¿Por qué es importante el moteado del suelo?

- Los suelos con problemas de drenaje tienen moteados abundantes.
- Los problemas de drenaje impiden el buen crecimiento de las raíces por la falta de oxígeno.

Pobre condición



*Ilustración 66.
Abundantes motas
medianas, más del
50% color anaranjado
predomina color gris.*

Moderada condición



*Ilustración 65. Motas
pequeñas y
medianas color
naranja y gris en un
rango de 10-25%.*

Buena condición



*Ilustración 64.
Ausencia de
moteado.*

4.5.8. Conteo de lombrices

Cuando califique visualmente tome en cuenta: Debemos contar cuántas lombrices se encuentran en el bloque de suelo que se extrajo para realizar la evaluación visual. Es necesario considerar que las lombrices se encuentran con más abundancia en ciertas épocas del año, normalmente hay más lombrices ya entradas la época lluviosa y cuando los suelos están más húmedos.

- En la condición buena se encuentran más de 8 lombrices.
- En la condición moderada se encuentran entre 4 y 8 lombrices.
- En la condición pobre se encuentran menos de 4 lombrices.

¿Por qué son importantes las lombrices?

- Las lombrices son un buen indicador de la salud de los suelos.
- Las lombrices son importantes porque tienen un efecto muy importante en la aireación del suelo al construir canales entre los terrones.
- Una sola lombriz tiene un efecto benéfico mayor que mil millones de protozoarios en el suelo

Debes contar la cantidad de lombrices que observes en el monolito que estás calificando actualmente.



Pobre condición
Menos de 4 lombrices

Moderada condición
Entre 4 y 8 lombrices

Buena condición
Más de 8 lombrices

4.5.9. Compactación del suelo

Cuando califique visualmente tome en cuenta: La compactación se refiere al grado de endurecimiento que el suelo puede tener debido a los esfuerzos que se realizan sobre él, como el pisoteo de los animales o el paso de maquinaria pesada. Es necesario reflexionar en cada caso, qué tan compactado está el suelo que se está calificando en comparación a un buen suelo en ese contexto.

- En la condición buena los agregados del suelo se separan con facilidad y sin mucho esfuerzo.
- En la condición moderada los agregados del suelo no se separan con tanta facilidad.
- En la condición pobre los agregados del suelo están endurecidos y apelmazados.

¿Por qué es importante evaluar la compactación del suelo?

- La compactación del suelo dificulta el crecimiento de las raíces.
- La compactación del suelo dificulta el movimiento del agua y del aire

Pobre condición

Moderada condición

Buena condición



*Ilustración 67.
Compactación muy
desarrollada en la parte
inferior del suelo. No hay
macroporos.*



*Ilustración 68. Empieza a
notarse compactación en
la parte inferior del suelo.
Estructuras con pocos
poros, de fácil fractura.*



*Ilustración 69. No hay
compactación.
Estructura y poros muy
visibles claramente.*

Cobertura del suelo

4.5.10.

Cuando califique visualmente tome en cuenta: La cobertura del suelo lo protege de la radiación solar, evitando que el agua se evapore y que la temperatura se eleve mucho dañando a las raíces, y del impacto de las gotas de lluvia que erosionan y lavan el suelo.

- En la condición buena el suelo está cubierto con material vegetal casi por completo.
- En la condición moderada el suelo está cubierto con material vegetal parcialmente.
- En la condición pobre el suelo casi no está cubierto con material vegetal.

¿Por qué es importante evaluar la cobertura del suelo?

La cobertura indica el grado de protección que el suelo tiene

Pobre condición



Ilustración 72. Superficie completamente descubierta.

Moderada condición



Ilustración 71. Superficie cubierta parcialmente entre 30 y 50% por residuos.

Buena condición



Ilustración 70. Superficie cubierta completamente por residuos.

4.5.11. Profundidad del suelo

Cuando califique visualmente tome en cuenta: La profundidad efectiva del suelo es la profundidad hasta la cual las raíces puede crecer sin limitaciones. Por lo tanto, indica que tanto volumen de suelo las raíces pueden explorar, entre mayor sea la profundidad efectiva, más volumen de suelo disponible para las raíces.

- En la condición buena el suelo tiene más de 60 cm de profundidad efectiva.
- En la condición moderada el suelo tiene entre 30 y 60 cm de profundidad efectiva.
- En la condición pobre el suelo tiene menos de 30 cm de profundidad efectiva.

¿Por qué es importante evaluar la profundidad efectiva del suelo?

Entre mayor sea la profundidad efectiva del suelo, las raíces podrán explorar mayor volumen de suelos, lo cual significa más agua y más nutrientes.

Pobre condición

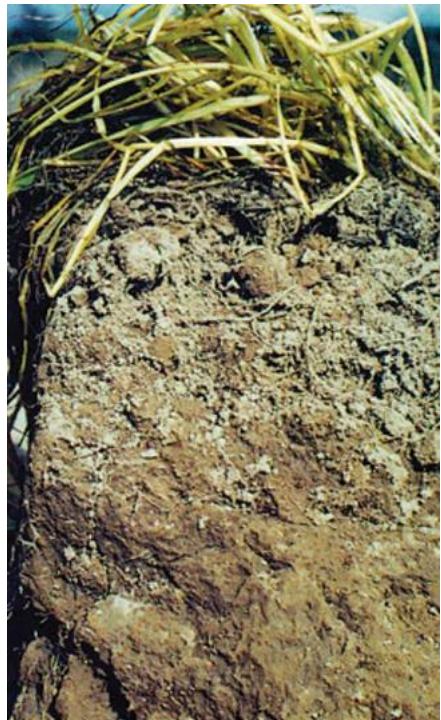


Ilustración 74. Menos de 30 centímetros.

Moderada condición



Ilustración 75. De 30 a 60 centímetros.

Buena condición



Ilustración 73. Más de 60 centímetros.

4.6. Principios de agricultura de conservación y restauración de suelos

La AC se basa en la aplicación de tres principios interrelacionados que son la **mínima labranza del suelo**, el **uso de coberturas permanente** para protegerlo y conservarlo y la **diversificación de cultivos** mediante la rotación o cultivos intercalados, para producir biomasa y reducir las poblaciones de plagas y enfermedades. Con su aplicación se mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y con ello sus funciones o servicios ecosistémicos a través del fortalecimiento de la biodiversidad y los procesos biológicos naturales.

Para promover la regeneración y conservación de los suelos la AC promueve diversas prácticas como los abonos verdes, fertilización basada en las 4R, las rotaciones con diversos cultivos con diferentes tipos y longitudes de raíz, la utilización de los residuos vegetales de las cosechas como medio para la protección del suelo y reciclaje de nutrientes, y diversas prácticas para aumentar los niveles de materia orgánica del suelo, que mejoran su estructura, se retiene más agua y aumenta la productividad de los cultivos (Agua y Suelo para la Agricultura, 2021).

Es un medio para optimizar el ciclo del agua, el ciclo de nutriente y el ciclo del carbono con su captura en el suelo, lo que reduce los GEI y aporta a la mitigación del cambio climático.

4.6.1. Beneficios de la aplicación de la AC

La implementación de la AC tiene grandes beneficios para el suelo, el agua y la biodiversidad, y beneficios económicos y sociales para las personas y el ambiente en general:

Tabla 15. Beneficios de la AC.

Beneficios al suelo y agua	Beneficios económicos y sociales	Beneficios ambientales
<ul style="list-style-type: none">■ Protección del suelo.■ Se reducen las pérdidas de agua por escorrentía superficial, evaporación y percolación.■ Mejora formación agregados, la porosidad y estructura.■ Mejora infiltración de agua.■ Aumento de materia orgánica.■ Aumento de la fertilidad del suelo.■ Mayor retención del agua y eficiencia en su uso.■ Recarga de mantos acuíferos.	<ul style="list-style-type: none">■ Reduce costos control de plagas, enfermedades y maleza.■ Reduce los costos de producción.■ Mejora la productividad.■ Mejora los ingresos.■ Aumento de la producción de alimentos.	<ul style="list-style-type: none">■ Reducción de la escorrentía y la erosión.■ Aumento de la biodiversidad y poblaciones de organismos.■ Menor consumo de energía.■ Reducción de gases de efecto invernadero.■ Reduce la contaminación ambiental.

4.6.2. Cobertura permanente del suelo

La cobertura del suelo es una práctica que consiste en cubrir la superficie del suelo con residuos de cosechas o con cultivos adicionales que se pueden asociar junto con el cultivo principal, con la finalidad de proteger al suelo de los efectos de la erosión hídrica, el viento y las altas temperaturas.



Ilustración 76. Incorporación de cobertura de suelos; residuos de cosecha, tomado por (Carcamo, 2024).

4.6.2.1. ¿Qué es la cobertura del suelo?

La **cobertura del suelo** es una práctica que consiste en cubrir la superficie del suelo con residuos de cosechas o con cultivos adicionales que se pueden asociar junto con el cultivo principal, con la finalidad de proteger al suelo de los efectos de la erosión hídrica, el viento y las altas temperaturas.

Mantener la cobertura permanente de los suelos es uno de los principios básicos y estratégicos para la protección, restauración y conservación de los suelos, el agua y la biodiversidad, ya que actúan como un escudo al amortiguar la energía con que caen las gotas de la lluvia, evitando el desprendimiento de sus partículas, facilitando el paso lento del agua al momento de desplazarse sobre su superficie y la mayor infiltración en el suelo. (Agua y Suelo para la Agricultura, 2020).

4.6.2.2. Tipos de cobertura del suelo

Las coberturas del suelo pueden ser coberturas muertas, como los **rastrojos**, o vivas, como los **abonos verdes** que se asocian con el maíz; también son temporales, como los mismos abonos verdes, y permanentes, como los árboles dispersos en las parcelas. La cobertura con rastrojos o residuos de las cosechas son los deshechos acumulados de partes secas que quedan después de la cosecha anterior, incluidos **cultivos de cobertura** o el abono verde y que juegan un papel muy importante y multifuncional en el suelo (Agua y Suelo para la Agricultura, 2020).

4.6.2.3. Cultivos de cobertura

Los cultivos de cobertura son cultivos adicionales que se pueden integrar junto con el cultivo principal con diversas modalidades o en monocultivo. Tienen la característica de crecer en suelos de mala calidad, producir grandes volúmenes de **biomasa** verde en corto tiempo, necesitar poca agua y tener un denso sistema radicular. Los diferentes tipos de cobertura protegen el suelo de los efectos de los procesos de degradación, altas temperaturas, pérdidas de humedad, fertilizan el suelo, proporcionan alimento a los organismos del suelo y reducen poblaciones de malezas.

4.6.2.4. Finalidad de las coberturas

Además de la protección del suelo y conservar el agua, el fin primordial de las coberturas es mantener o aumentar en forma periódica el contenido de materia orgánica del suelo, con lo que se incrementan las poblaciones de organismos que la descomponen y se mejoran sus

propiedades físicas, químicas y biológicas. Cuando estas propiedades en los suelos se restauran, se recuperan sus funciones o **servicios ecosistémicos** esenciales de proveer agua, nutrientes y otras funciones, y es cuando podemos hablar de suelos saludables.

Tabla 16. Aportes de los diferentes tipos de coberturas permanentes del suelo.

Cobertura del suelo	Resultado	Impacto
Manejo de rastrojos cosecha y residuos de malezas.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Protección del suelo de la erosión. ▪ Se reducen las pérdidas de agua del suelo. ▪ Mejora estructura y porosidad. ▪ Aumento de materia orgánica en el suelo. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mejora la fertilidad de los suelos. ▪ Mejora de las cosechas. ▪ Mitiga el cambio climático. ▪ Incremento retención de humedad del suelo.
Abonos verdes.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conservan la humedad del suelo. ▪ Ruptura de capas duras del suelo. ▪ Mayor reciclaje de materia orgánica. ▪ Fijación de nitrógeno. ▪ Ambiente adecuado para la vida de organismos del suelo (agua, aireación y temperatura y más alimento). ▪ Se reducen formación de costras. ▪ Reduce poblaciones malezas. ▪ Mejora del ciclo de nutrientes, y el ciclo del agua en su fase subterránea. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se facilita penetración de raíces y mayor absorción del agua. ▪ Aumento de la biodiversidad y poblaciones de organismos suelo. ▪ Reducción de costos producción. ▪ Aumento Capacidad de Intercambio Catiónico. ▪ Mayor infiltración agua. ▪ Menor escorrentía superficial y erosión. ▪ Se reduce la contaminación.
Árboles asociados a los cultivos.		
Cultivos perennes.		
Podas, árboles y cultivos.		
Diversificación de cultivo y rotación para producción de biomasa para cobertura.		

4.6.3. La no remoción del suelo

La no remoción del suelo previene deteriorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas, preservándose la materia orgánica y facilitando la vida de los organismos que lo habitan.

4.6.3.1. Impacto de la remoción del suelo

El laboreo constante del suelo produce la rápida degradación de su estructura y porosidad, afecta su composición química, la degradación biológica y la pérdida del carbono del suelo.

Por tal razón la agricultura de conservación tiene como uno de sus principios fundamentales la alteración mecánica mínima del suelo, manteniendo los restos de la cosecha anterior en su superficie (IFEMA MADRID, 2023).

La no remoción del suelo previene deteriorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas, preservándose la materia orgánica y facilitando la vida de los organismos que lo habitan. Las raíces de las plantas y los organismos del suelo son responsables de la labranza biológica, lo que mejora una red de poros intercomunicados que facilitan el almacenaje del agua.



Ilustración 77. Estudiantes del IGTC “Jacobo Orellana” realizando la labranza cero para el establecimiento de un cultivo de maíz, tomado por (Carcamo, 2024).

4.6.3.2. Implicaciones de la no labranza del suelo

El no laboreo del suelo implica no usar maquinaria pesada, lo que evita la compactación del suelo. Al no removerlo se conserva su estructura y se mantiene su capacidad para retener agua, lo que permite un uso más eficiente de este recurso. Para reducir la alteración del suelo, los agricultores practican la labranza cero y realizan la siembra directa sobre los residuos superficiales del rastrojo del cultivo anterior, con maquinaria especializada o en forma manual (Donovan, 2020).

4.6.3.3. Beneficios de la no labranza

Con la no labranza se contribuye a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a través de un uso menor de energía y una mayor eficiencia en el uso de nutrientes. Al mismo tiempo, estabiliza y protege el suelo para que el carbono no se descomponga rápido y se liberen mayores cantidades a la atmósfera. Los campos sin labrar actúan como sumideros de CO₂, con lo que contribuye de manera significativa en la reducción del calentamiento y representa una opción para optar a créditos de carbono (FAO, s.f.).

Con la no labranza los agricultores pueden ahorrar entre un 30% y un 40% en tiempo y mano de obra y reducir los costos de maquinaria y combustible. Se mejora la eficiencia en el consumo de agua por las plantas, lo que permite obtener rendimientos más estables en medio de climas extremos exacerbados por el **cambio climático**.

4.6.3.4. Beneficios de la no remoción del suelo

- El suelo absorbe y almacena más carbono, al no “quemarse” con el oxígeno debido al laboreo que remueve el suelo.
- Hay un incremento en los niveles de materia orgánica, con lo que se mejora la biodiversidad y se incrementa el reciclaje de nutrientes y fertilidad natural del suelo.
- Al no removerse el suelo y conservar su estructura y porosidad se incrementa la capacidad de retención de agua para las plantas y del agua que se percola a los mantos acuíferos, lo que reduce la escorrentía superficial, proceso de erosión y los riesgos de inundaciones.

4.6.4. La rotación y diversificación de cultivos

La diversificación de cultivos a través de rotaciones consiste en sembrar diferentes tipos de cultivos en un mismo campo a lo largo del año. Los objetivos de la rotación y diversificación de cultivos son el mejorar las condiciones ambientales, económicas y sociales de los sistemas de producción (Azada verde, s.f.).

4.6.4.1. La diversificación del cultivo a través de la rotación

La **diversificación de cultivos** a través de rotaciones consiste en sembrar diferentes tipos de cultivos en un mismo campo a lo largo del año. Tiene gran relación con los procesos de diversificación de las fincas que consiste en la introducción planificada y sistemática de nuevos rubros en los sistemas de producción.

- **Objetivo de la rotación y diversificación del cultivo**

Los objetivos de la rotación y diversificación de cultivos son el mejorar las condiciones ambientales, económicas y sociales de los sistemas de producción.

- **Planificación de rotaciones y diversificación**

Es importante contar con un plan para programar las rotaciones y diversificación de cultivos, que incluyan consideraciones del tiempo en que se realice y la forma de



Ilustración 78. Rotación y diversificación de cultivos en la finca modelo del IGTC “Jacobo Orellana”, tomado por (Carcamo, 2024).

cómo se va a implementar; que pueden ser socios, hileras de cultivos, camas de siembra y consideraciones del mercado. Por tal razón, la selección adecuada de rubros para una rotación debe ser cuidadosa.

4.6.4.2. Selección efectiva de cultivos

La selección efectiva de cultivos en los planes de rotaciones además del enfoque en el mercado implica la selección de rubros con diferentes susceptibilidades a plagas y enfermedades, tomando en cuenta los ciclos de vida, hospederas y cuando presentan sus altas poblaciones.

Esto permite tomar decisiones sobre la secuencia de los cultivos y fortalecer la sostenibilidad de un proceso de diversificación de la producción. También los planes pueden incluir seleccionar cultivos con una alta o baja extracción de agua, cultivos con diferentes requerimientos nutricionales, combinar plantas con sistema radicular profundo y superficial, plantas con mayor o menor demandas de nutrientes como nitrógeno o cultivos para diversificar los ingresos y los riesgos agroclimáticos.

Reducir la erosión del suelo y mejorar sus **propiedades físicas, químicas y biológicas**, requiere considerar en las rotaciones la incorporación de cultivos para la producción de **biomasa** y proteger el suelo con sus **rastrojos y cultivos de cobertura** que pueden sembrarse en asocio con el cultivo principal.

Se deben de realizar rotaciones con una planificación que maximice sus beneficios y deseos de los agricultores. El seguimiento y evaluación de los resultados permitirá hacer ajustes a los planes de rotación.

4.6.4.3. Beneficios de la diversificación del cultivo

Es importante considerar que la diversificación de cultivos contribuye a adaptación al cambio y la variabilidad climática, con la implementación de opciones productivas con diferentes niveles y fuentes de riesgos, como la caída de los precios, sequía, ataque de plagas o enfermedades; a la estabilidad de los sistemas de producción, al mejorar el flujo de ingresos de la finca en el tiempo, lo que genera capacidad de ahorro e inversión propia, que ayuda a la mayor rapidez en la recuperación de los daños al sistema cuando se presentan las amenazas climáticas.

Es una tarea pendiente el aprovechamiento del potencial de diversos **cultivos de cobertura** mediante una mayor diversificación y la optimización de la integración temporal y espacial en los sistemas agrícolas.

Principios de la rotación y diversificación cultivos:

- Utilizar cultivos que aporten buena producción de biomasa y ayuden al control de maleza.
- Utilizar cultivos con alta relación C/N para contar con cobertura por más tiempo.
- Rotar cultivos con riesgos diferentes a plagas, enfermedades y el clima.
- Utilizar leguminosas eficientes en la rotación para la fijación de nitrógeno.
- Utilizar cultivos con diferente demanda de agua y nutrientes.
- No cultive seguido dos cultivos de la misma familia de plantas.
- Cultivar cultivos de raíz profunda, para labrar el suelo, romper capas duras y mayor búsqueda de agua y nutrientes.
- Despues de la siembra de leguminosas sembrar cultivos con alta demanda de nitrógeno.

4.7. Nutrición y fertilidad del suelo

Es la capacidad del suelo de hacer disponible a los nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas. La fertilidad del suelo influye en la adaptación ecológica de las prácticas biológicas de conservación de suelos y agua y en la aceptabilidad de ciertas prácticas.

Está demostrado que los elementos esenciales para el desarrollo de todas las plantas son dieciséis, todos ellos desempeñan funciones muy importantes en la vida de la planta y cuando están presentes en cantidades muy pequeñas, pueden producir graves alteraciones y reducir notablemente el crecimiento; de acuerdo a las cantidades requeridas de nutrientes se pueden clasificar como macro y micronutrientes.



Ilustración 79. Nutrición y fertilidad de los suelos.

El uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, el desmonte, la quema y sobrepastoreo pueden provocar la disminución de la fertilidad del suelo debido a la pérdida de nutrientes y de materia orgánica, lo que va a provocar un aumento de la alcalinidad, salinidad y toxicidad.

Esta práctica agronómica se fundamenta en que en el rango de pH de 6,5 a 7 el proceso de fijación simbiótica del nitrógeno alcanza su máxima eficiencia. Además, en este rango el P, Ca, Mg y Mo presentan su máxima disponibilidad. Por otro lado, la solubilidad del Al, Fe y Mn aumenta en suelos ácidos, pudiendo alcanzar niveles tóxicos para los vegetales. Los microorganismos responsables de la dinámica degradativa de la materia orgánica y por lo tanto del ciclaje del N, P y S orgánico incrementan su nivel de actividad a pH cercanos a la neutralidad.

Los suelos de acidez elevada presentan menor agregación, lo que determina una disminución en la permeabilidad y la aireación. Esto se debe a que los cationes divalentes actúan a través de puentes catiónicos como vínculo entre cristales de arcilla y aun entre ellas y otras partículas, de modo que promueven la formación de la estructura. En suelos donde predominan arcillas del tipo 2:1 el 80% de la CIC debería estar saturada con Ca y/o Mg para manifestar una adecuada estructura.

No todos los cultivos se ven afectados en igual medida por la acidez del suelo. Algunas especies presentan su mayor productividad a pH ácidos, tal como los arándanos y en menor medida la papa; ello obedece a que cada especie posee un rango de pH en el cual su producción es máxima y se conoce como pH óptimo.

Las especies más sensibles a los reducidos valores de pH suelen ser las leguminosas. La alfalfa, principal forrajera de los sistemas ganaderos, comienza a manifestar disminución en su producción a partir de valores de pH inferiores a 6.1; este valor de pH por debajo del cual los rendimientos se deprimen es conocido como pH crítico.

La corrección de la acidez supone la neutralización de los hidrogeniones de la solución del suelo y el desplazamiento de aquellos ubicados en sitios de intercambio del complejo por bases metálicas, típicamente el Calcio.

Se utilizan para este efecto, correctivos tales como: hidróxidos, carbonatos y óxidos de Calcio y Magnesio. Como los más frecuentes son los primeros, es de uso corriente el término encalado (RED ITC, 2014).

4.7.1. pH del suelo

El término pH define la acidez y basicidad relativas de una sustancia. La escala del pH cubre un rango que va desde 0 a 14. Un valor de pH de 7.0 es neutral; los valores inferiores a 7.0 son ácidos y los superiores a 7.0 son básicos.

La mayoría de los suelos en Honduras presentan un pH inferior a 7.0. La acidez del suelo se determina midiendo la actividad (concentración) del hidrógeno (H^+) en la solución del suelo y se expresa con un parámetro denominado potencial hidrógeno (pH), que no es más que una forma logarítmica de expresión.

El significado práctico de la expresión logarítmica de los valores del pH es que a cada unidad de cambio en pH corresponde un incremento de 10 veces en la cantidad de acidez o basicidad del suelo.

En otras palabras, un suelo con pH 5.0 tiene 10 veces más hidrógeno activo que un suelo con pH 6.0. Esto tiene un enorme significado en la nutrición de los cultivos y en el manejo efectivo de los fertilizantes.

4.7.1.1. Hay varias causas que originan la acidez de un suelo, entre las más importantes tenemos:

- Roca madre de la cual se formó el suelo.
- La lluvia, ya que esta lixivia los nutrientes básicos como calcio y magnesio
- Las plantas, ya que al absorber cationes (potasio, calcio, magnesio) libera hidrógeno
- Fertilizantes, algunos acidifican el suelo (Ejemplos: Fuentes nitrogenadas y azufradas).
- La materia orgánica. (Exceso de nitrógeno)

Normalmente para corregir la acidez del suelo se recomienda cal procesada con algunos nutrientes ya que esta maneja una relación calcio-magnesio de una manera más favorable y nuestros suelos casi siempre presentan deficiencia de magnesio.

Cuando se haga un encalado, siempre hay que tomar en cuenta hacerlo con suficiente tiempo de antelación considerando tres meses antes de la siembra.

4.7.1.2. Importancia del pH

- El pH ejerce una gran influencia en la asimilación de elementos nutritivos.
- El intervalo de pH comprendido entre 6 y 7 es el más adecuado para la asimilación de nutrientes por parte de las plantas.
- Los microorganismos del suelo proliferan con valores de pH medios y altos; su actividad se reduce con pH inferior a 5,5.
- Cada especie vegetal tiene un intervalo de pH idóneo.

Acidez del suelo	Eficiencia			Promedio de fertilizante Desperdiciado
	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	
4.5	30%	23%	33%	71.33%
5.0	53%	34%	52%	53.67%
5.5	77%	48%	77%	32.67%
6.0	89%	52%	100%	19.6%
7.0	100%	100%	100%	0

Ilustración 80. Eficiencia de disolución de fertilizantes a diferente acidez del suelo.

Un último aspecto a considerar con respecto a la acidez es el uso de fertilizantes que acidifican el suelo, siendo estos los que contienen amonio en su composición. A continuación, se listan ejemplos de fertilizantes acidificadores en orden decreciente: **Sulfato de amonio, Urea, Nitrato de amonio.**

Interpretación

pH > 8.0, fuertemente alcalinos, con estos valores el calcio y el magnesio pueden estar poco disponibles, el sodio puede ser muy alto y tóxico.

Rango	Interpretación
< 4.4	Extremadamente ácido
4.5-5.0	Muy fuertemente ácido
5.1- 5.5	Fuertemente ácido
5.6- 6.0	Moderadamente ácido
6.1 -6.5	Ligeramente ácido
6.6- 7.3	Neutro
7.4-8.0	Medianamente alcalino
> 8	Fuertemente alcalino

Ilustración 81. Rango para la interpretación del pH del suelo.

pH 7.4 - 8.0, medianamente alcalino, alto para fines agronómicos. Pueden presentarse algunas deficiencias de fósforo, también se incrementa la posibilidad de deficiencias de cobre, hierro, manganeso y zinc.

pH 5.5 - 7.0, en este rango, la mayoría de los cultivos tiene un buen desarrollo, dado la alta disponibilidad de los nutrientes. Algunos cultivos no se adaptan a un rango inferior. Medianamente alcalino Fuertemente alcalino.

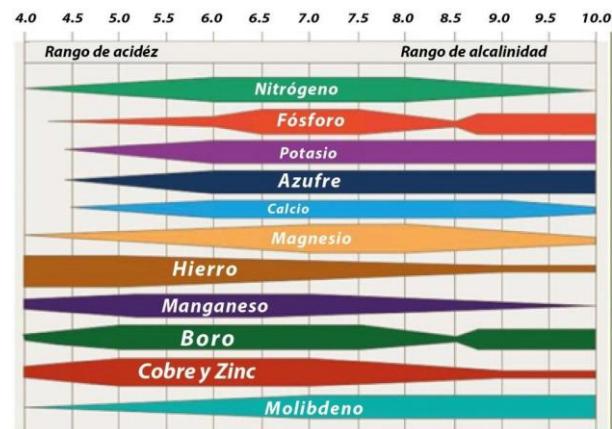


Ilustración 82. Rango de medición del pH tomado por (RED ITC, 2014).

pH < 5.5, posible fitotoxicidad por aluminio y manganeso. Limitada disponibilidad de nutrientes para las plantas. (Fundación Helvetas, Red ITC y COSUDE, 2014).

4.7.1.3. Suelos ácidos

Los suelos ácidos se refieren aquellos que contienen un pH de valor inferior a 5,5 durante la mayor parte del año. Están asociados con un número de toxicidades (aluminio) y deficiencias (Molibdeno) y otras condiciones restringentes para las plantas. (FAO, 2014).

A parte de que en el suelo existen las fuentes de acidez, hay algunos factores que favorecen la formación de suelos ácidos como:

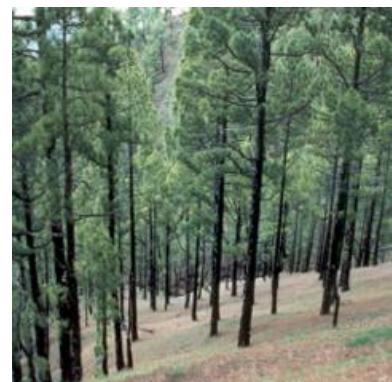


Ilustración 83. Suelos ácidos tomado por (RED ITC, 2014).

Condiciones climáticas en las cuales se presente un exceso permanente de la precipitación sobre la evapotranspiración potencial que genere excedentes de agua que, en suelos con una condición adecuada de drenaje, puede causar altas pérdidas de bases y lixiviación, disminuyendo su participación en el complejo de intercambio y favoreciendo la acumulación de Al, Fe y otros cationes de carácter ácido.

Los procesos de alteración de los minerales del suelo, bien sea por meteorización o por pedogénesis, van liberando sus estructuras cationes que pasan a la solución del suelo; entre los cationes que se liberan, los básicos son los más solubles y, por lo tanto, los que más fácil se pierden por lixiviación, acumulándose los de carácter ácido; este mecanismo de acidificación del suelo se expresa fuertemente en suelos como los Oxisoles y Ultisoles.

4.7.1.4. Suelos Alcalinos

Un suelo es alcalino o básico cuando su pH es superior a 7,5. Las causas pueden ser varias: por ser suelos de zonas áridas con escasa pluviometría, por transportar las aguas sustancias alcalinas que se concentran en las zonas más deprimidas del terreno, o bien por la propia naturaleza del suelo (material parental).

Los principales factores ambientales y de suelos que influyen sobre la productividad y el manejo. El principal inconveniente de estos suelos es que presentan un alto contenido en carbonato cálcico, el cual va a impedir que la planta pueda absorber buena parte de los nutrientes del suelo (RED ITC, 2014).



Ilustración 84. Suelos alcalinos tomado por (RED ITC, 2014).

Estos suelos presentan como características principales:

- Contenido elevado de sodio que le confiere propiedades indeseables.
- Baja permeabilidad
- Problemas de aireación
- Inestabilidad estructural

4.8. Obras de conservación de suelos (barreras vivas, barreras muertas)

El nivel “A” es una herramienta agrícola de bajo costo, con forma de “A”, utilizada para construir obras en suelos inclinados. De esta manera se pueden hacer trazos a nivel o desnivel realizando siembras orientadas e implementando tecnologías de conservación de suelos y agua.

El tipo de nivel “A” más utilizado, es el que está equipado con un nivel de burbuja o de albañil, en vista de que facilita más el trabajo y las mediciones no se ven afectados por el viento.

4.8.1. Beneficios del Nivel A

Sirve para trazar líneas sin caída y líneas con caída en los terrenos con pendiente, así poder hacer obras de conservación de suelos y aguas:

- **Sin caída:** barreras muertas de piedra y tierra, barreras vivas, zanjas de infiltración y terrazas de banco.
- **Con caída:** zanjas de coronación o desviación y canales de riego y drenajes.

Es una herramienta de múltiples usos para el buen manejo de suelos inclinados. Con él se pueden hacer:

- Siembras orientadas (de igual pendiente).
- Implementar tecnologías de conservación de suelos y agua.
- Hacer trazos a nivel o con desnivel.

4.8.2. Construcción del Nivel A

Pasos a seguir para la construcción del agro-nivel o nivel "A":

- Clave los palos de 2 m en uno de los extremos, más o menos a 2.5 cm (1 pulgada) del mismo.
- La cabeza del clavo debe quedar salida para colocar la plomada.
- Marcar el lugar donde irá el travesaño. Para esto se amarra la cuerda al clavo y con ésta extendida se hace una marca a igual distancia en cada pata.
- Clave las 2 estacas o trompos sobre la tierra plana a una distancia de 2 metros.
- Coloque las patas en cada estaca para guiar la apertura del aparato. Clave el travesaño en las marcas que hizo en las patas.



Ilustración 85. Pasos para construir el nivel A.

- Amarre la plomada (hecha con la botella o la piedra) en la cabeza del clavo de tal manera que quede debajo del travesaño. Si está trabajando con el nivel de burbuja o de albañil, amárrelo encima del travesaño.

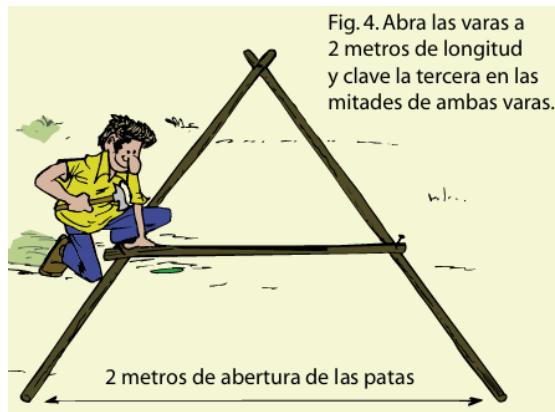


Ilustración 86. Medidas del nivel A.

Tabla 17. Calibración del agro-nivel o nivel A.

Calibración del agro-nivel o nivel "A"	
1	Coloque el nivel en un terreno inclinado y marque donde las patas tocan el suelo. Haga una marca en el travesaño en el punto donde lo cruza la cabuya de la plomada.
2	Girar media vuelta el nivel "A" o agro-nivel, de tal manera que cada pata quede sobre la marca donde estaba la otra anteriormente.
3	Ponga una marca con lápiz en el travesaño en el punto donde lo cruza la cabuya. El centro entre ambas marcas se debe marcar; éste indicará el nivel a seguir para trazar curvas a nivel.
4	Para comprobar si realmente el nivel "A" queda bien calibrado y listo para trazar curvas a nivel, coloque el aparato en los trompos, enterrando aquel que está más alto hasta que la cabuya roce la marca central.
5	Se cambia la posición de las patas, nuevamente la cabuya debe coincidir con la marca central
6	Para trazar curvas con un desnivel de 0.5% tome seis (6) monedas de diez centavos y colóquelas sobre uno de los trompos.
7	Coloque una pata del nivel "A" sobre las monedas y la otra pata sobre el otro trompo y observará que la burbuja o gota del nivel de cuerda no está nivelada. Proceda a buscar un punto en el suelo en donde la burbuja del nivel de cuerda quede nivelada.
8	En el caso de no quedar nivelada, proceda a raspar con la navaja el punto en donde colocará el nivel de cuerda hasta que la burbuja quede a nivel, hágale las marcas con lápiz tinta en ese punto y fije el nivel con hule de neumático o cabuya.
9	Proceda a marcar en la regla horizontal el punto de la dirección del desnivel, colocando una flecha hacia el lugar a dónde va el desnivel. De esta forma, el nivel "A" queda listo para trazar curvas a nivel o desnivel según sea el caso.
10	Cuando no tenga el nivel de cuerda, use la plomada y al hacer las marcas en la regla horizontal con el lápiz tinta, deberá tener cuidado de que el hilo de la plomada no toque o no tenga roce con la regla horizontal del nivel "A".

4.8.3. Uso y Manejo del Nivel A

El nivel "A" nos va a servir para trazar, en nuestro terreno, curvas a nivel. Una curva a nivel, es una línea curva, cuyos puntos están a la misma altura, o sea, que una persona, siguiéndola

nunca baja ni sube. Por lo que, el agua, en una zanja de infiltración, construida según una curva a nivel, no va correr por ningún lado y va a tener que infiltrarse.

4.8.3.1. El porcentaje de pendiente de un terreno es

El número de metros que uno baja o sube en altura, cada vez que camina 100 metros en el sentido de la pendiente puede ser:

- Si el terreno es plano, uno puede caminar 100 metros sin bajar ni subir, la pendiente es de cero por ciento (0%).
- Si el terreno es un farallón (barranco o precipicio) la pendiente es de cien por ciento (100%).

Con el aparato “A” sin moverlo de lugar, podemos medir la diferencia de altura, entre un punto de su parcela y otro, 2 metros más abajo. Como el aparato “A” mide 2 metros de ancho, nos va a dar una medida doble del porcentaje de pendiente.

4.8.4. Toma de pendiente

Es el grado de inclinación del terreno en relación a un plano horizontal medido en porcentaje (%) o en grados (°). La pendiente se puede medir usando el nivel “A” (calibrado a pendiente cero) y una cinta métrica.

La unidad que se utiliza para expresar la pendiente es el porcentaje de pendiente, el cual es la distancia vertical (pendiente) dividida por la distancia horizontal (largo de la cuerda).

- Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Pendiente (\%)} = \text{Desnivel (cm)} / \text{Largo de la cuerda (cm)} \times 100$$

$$P (\%) = D \div L \times 100$$

Donde: $P (\%)$ = Porcentaje de pendiente

D = Desnivel (cm)

L = Largo de la cuerda (cm)

Procedimiento para calcular pendiente

- Determinan la orientación de la pendiente.
- Tomar varias medidas con el nivel “A”, en distintas partes de cada ladera para incluir sus variaciones y obtener un valor promedio.
- Con una cinta métrica miden la distancia que hay desde la punta que está en el aire hasta el suelo.
- Repiten el proceso, tres a cinco veces, a lo ancho de la pendiente.
- Registran los datos en cuadros y hacen cálculos para obtener la pendiente promedio de toda la parcela.

Distancias entre obras de CSA según la pendiente	Pendiente suave hasta 15%	Pendiente moderada 15- 30%	Pendiente fuerte 30- 50%
Barreras vivas	15-30m	10-15m	4-10m
Barreras muertas	10-20m	6-10 m	4-6m
Acequias	10-20m	8-10m	6-8m
Diques de 1 m	4-12	2-4m	1.3-2m

Ilustración 87. Distancia entre obras físicas según la pendiente del terreno.

Al momento de establecer obras de conservación de suelos, los productores toman en cuenta los siguientes aspectos:

- La pérdida de terreno por las barreras.
- Sombra de barreras vivas de árboles o zacates altos sobre cultivos.
- Mano de obra necesaria para el establecimiento de conservación de suelos.
- La dificultad que causan las barreras en el uso de la tracción animal para el movimiento en la parcela.
- La combinación de las barreras con otras prácticas de manejo de cultivo

4.8.5. Barreras vivas

Para controlar la erosión mediante el uso de material vegetativo. Se utilizan principalmente para conservar y hacer que perduren por más tiempo otras prácticas mecánicas de conservación suelo, como zanjas de infiltración, terrazas, entre otras.

Las barreras vivas son hileras de plantas, preferiblemente de crecimiento denso, sembradas perpendicularmente a la pendiente o, con cierta gradiente longitudinal si sirven como complemento a una obra física.

Controla en cierto grado los niveles de erosión de los suelos.

Actúan como reductoras de la velocidad del agua de escorrentía pendiente abajo, y como filtros, que retienen los sedimentos de suelo y residuos vegetales que transporta el agua que escurre sobre el terreno.

Existe una gran gama de especies vegetales utilizadas como barreras vivas, y para su ordenamiento definiremos los siguientes tipos:

- **Temporales:** Son las menos comunes y son utilizadas donde el recurso suelo es explotado intensivamente, además su funcionalidad para el control de la erosión es poco eficiente. Algunas de las especies más usadas son el Maíz (*Zea maíz*), Sorgo (*Sorghum bicolor*) y la Avena (*Avena sativa*).
- **Semipermanentes:** Tienen una mayor aceptación entre los agricultores por tener éstas un aprovechamiento complementario de importancia. Entre las especies más comunes tenemos la Piña (*Ananas comosus*), Caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), Gandul (*Cajanus cajan*).
- **Permanentes:** Para el control de la erosión son las de mayor efectividad y en la mayoría de los casos presentan algún beneficio adicional. Entre las permanentes podemos citar al pasto King Grass (*Pennisetum purpureum*), Pasto limón (*Andropogon citratus*), Pasto violeta (*Vetiveria zizanioides*), Caña india (*Dracaena fragans*).



Ilustración 88. Uso de barreras vivas (valeriana) en el IGTC “Jacobo Orellana”, tomado por (Cárcamo, 2024).

4.8.5.1. Ventajas del uso/aplicación de la tecnología

- Se realizan utilizando material vegetativo.
- Son de bajo costo de establecimiento.
- Son de fácil adopción.
- Permiten la formación de terrazas progresivas.
- Sirven de líneas guías.
- Contribuyen a la recuperación de tierras degradadas.
- Producen muy poca remoción de suelos.
- Utilizan muy poca área de los terrenos de cultivo.
- El mantenimiento es poco exigente en mano de obra.

4.8.6. Barreras Muertas

Una barrera muerta es una contención, que se construye con materiales inertes de la propia parcela, la cual tiene la función principal de frenar la velocidad del agua y evitar el arrastre del suelo; es referente de una buena práctica que ayuda a prevenir efectos adversos al ambiente y a elevar la productividad y/o ecoeficiencia de los procesos agrícolas (Pitayo verde, 2023).

Las barreras muertas son una alternativa en las prácticas de conservación de suelos que consiste en construir barreras o muros de contención de piedras, tierra, troncos y ramas de madera, colocados en contra de la pendiente del terreno.



Ilustración 89. Estudiantes implementando las barreras muertas, tomado por (RED ITC, 2024).

4.8.6.1 Beneficios

- Excelente para el control de la erosión y contribuye a mejorar la humedad del suelo.
- Capta los sedimentos que van en el agua de escurrimiento.
- Si se combina bien con otras técnicas la retención de agua aumenta, mejorando la humedad del suelo.
- Resulta en la formación paulatina de terrazas.
- Ayuda a una mayor filtración de agua en el perfil del suelo.
- Acompañadas de barreras vivas mejoran la infiltración de agua y la fertilidad del suelo.

4.8.6.2. Ventajas

- La pérdida de superficie por la construcción de la barrera muerta es mínima.
- Es una técnica sencilla.
- Se utiliza en suelos superficiales y suelos profundos.
- Se utiliza en suelos con buena y moderada infiltración.
- Se puede construir en todo tipo de suelo pedregoso.
- Se puede utilizar en zonas secas y zonas semi húmedas.

ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE PERTINENTES SUGERIDAS

- Realiza interpretación de la calicata.
- Evalúa los tipos de suelo.
- Recolecta muestras de suelos para análisis e interpretación de resultados.
- Elabora planes de fertilización basada en las 4 R.
- Construye, calibra y usa el nivel A o agro-nivel.
- Construye sistemas de agricultura de conservación (Rotación, Mínimo disturbio del suelo, diversificación, cobertura permanente).

HERRAMIENTAS O PLATAFORMAS DIGITALES SUGERIDAS

Nombre de la herramienta	Utilización
Google Earth Pro	Para ubicar el área de estudio y analizar características del terreno.
Excel o Google Sheets	Organiza los datos obtenidos y facilita la interpretación de resultados.
Canva	Diseña materiales explicativos sobre sistemas de conservación
ArcGIS o QGIS	Analiza mapas de suelos, pendientes y usos de la tierra.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Aplicar principios de conservación y restauración de suelos, utilizando las buenas prácticas agrícolas-forestales (SAF, AC, Diversificación y 4R).

CE4.1. Identifica las diferentes propiedades del suelo, de acuerdo a su naturaleza para adecuar los cultivos.
CE4.2. Reconoce los diferentes horizontes mediante el uso de calicatas
CE4.3. Recolecta muestras de suelo en parcelas de trabajo para realizar análisis de laboratorios.
CE4.4 Realiza prácticas de interpretación de resultados de análisis de suelo y análisis cualitativo, cuantitativo y biológico.
CE4.5 Reconoce en las parcelas agrícolas la aplicación de los principios de restauración de suelos.
CE4.6. Determina el nivel de pendiente de un terreno utilizando medios convencionales

CE4.7. Realiza prácticas de conservación y restauración de suelos agrícolas según contexto y su aplicación (SAF, AC, Diversificación y 4R).

METODOLOGÍA Y EVALUACIÓN

La metodología es una serie de procesos, técnicas y métodos que utiliza el docente para poder transferir los conocimientos a sus estudiantes. Debido a la gran cantidad de técnicas, procedimientos y métodos que se usan para enseñar, es necesario que el docente pueda seleccionar la técnica, el método o el procedimiento que le permita lograr los objetivos propuestos en contenido o tema dado.

Recuerde que esto no es una camisa de fuerza ni un recetario. Por el contrario, esto nos permite crear, desarrollar habilidades y destrezas y seleccionar el mejor proceso para un mayor aprendizaje en nuestros estudiantes.

La metodología sugerida en esta unidad se detalla a continuación

Metodología	Evaluación
Práctica de campo: <ul style="list-style-type: none"> Los estudiantes realizan calicatas en diferentes áreas. Observan y describen horizontes del suelo (color, textura, estructura). 	Informe de interpretación: <ul style="list-style-type: none"> Detallar características de cada horizonte y su relación con el uso del suelo. Uso de herramientas digitales para respaldar las observaciones. Participación en campo: <ul style="list-style-type: none"> Evaluar precisión y compromiso en la descripción.
Clasificación de suelos: <ul style="list-style-type: none"> Los estudiantes toman muestras y las analizan usando tablas de textura (triángulo de suelos) 	Ficha técnica: <ul style="list-style-type: none"> Presentar características del suelo analizado (textura, drenaje, pH, entre otras). Participación: <ul style="list-style-type: none"> Evaluar el uso correcto de las herramientas y la interpretación.
Práctica guiada: <ul style="list-style-type: none"> Los estudiantes aprenden técnicas de muestreo (calicatas, pozos o perforaciones). 	Mapa de recolección:

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Georreferencian las muestras usando GPS. ▪ En el laboratorio, interpretan los datos obtenidos, si no existe el espacio realizarlo como pasantía 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ubicación precisa de las muestras con herramientas digitales. <p>Informe de análisis:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Resultados de laboratorio y conclusiones relacionadas con el uso del suelo.
<p>Diseño de un plan:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Basados en análisis de suelo, los estudiantes elaboran un plan de fertilización siguiendo las 4R (Fuente, Dosis, Tiempo, Lugar). 	<p>Plan entregado:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Incluir recomendaciones específicas para un cultivo en particular. ▪ Justificar cada decisión basada en datos obtenidos. ▪ Evaluar la viabilidad del plan a través de una discusión grupal.
<p>Taller práctico:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Los estudiantes construyen un nivel A con materiales disponibles. ▪ Calibran y trazan curvas a nivel en campo. 	<p>Práctica en campo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Evaluar la precisión en la calibración y trazo de curvas. <p>Informe técnico</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Explicar el proceso de construcción, uso y resultados obtenidos.
<p>Diseño e implementación:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Los estudiantes diseñan un sistema que incluya rotación de cultivos, cobertura permanente y mínimo disturbio del suelo. ▪ Presentan el diseño en un mapa digital o plano físico. 	<p>Propuesta técnica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evaluar claridad y viabilidad del diseño presentado. <p>Práctica en campo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar la implementación de al menos un componente (cobertura, diversificación y mínima labranza).

GLOSARIO

RA: Resultado de Aprendizaje

E-A: Enseñanza Aprendizaje

CE: Criterio de Evaluación

UC: Unidad de Competencia

BTP: Bachillerato Técnico Profesional

EDUCAR: Educación para el Desarrollo Económico Local

RED ITC: Red de Institutos Técnicos Comunitarios

CRS: Catholic Relief Services,

COSUDE: Agencia del gobierno suizo para la cooperación al desarrollo.

FONAC: Foro Nacional de Convergencia

ABEL: Aprendizaje basado en entornos laborales

Al : Aluminio

ABI: Aprendizaje Basado en la Investigación

BTPIDAF: Bachillerato Técnico Profesional en Innovación y Desarrollo Agroforestal

Ca: Calcio

CNB: Currículo Nacional Básico

Fe: Hierro

PRAEMHO: Programa de Apoyo a la Enseñanza de la Educación Media en Honduras

MNC-H: Marco Nacional de Cualificaciones de Honduras

N: Nitrogeno

P: Fosforo

QGIS: software de Sistema de Información Geográfica

ABP: Aprendizaje Basado en Proyectos

ECAs: Escuelas de Campo

TIR: Tasa interna de retorno

VAN:Valor actual neto

SAG: Secretaría de Agricultura y Ganadería

SAF: Sistema agroforestal

ICF: Instituto de Conservación Forestal

ONGD: Organización No Gubernamental de Desarrollo

4R: Estrategia de conservación ambiental que consiste en reducir, reutilizar, reciclar y recuperar

ICM : Modelos de Escogencia Individual

CVI : Valoración Condicional de la Información

CVM : Métodos de Valoración Contingente

TCM : Método de Costos de Viaje

INIFAT: Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt"

V: Volumen de la madera en metros cúbicos

Dap: Diámetro del árbol a la altura del pecho en metros

Hc: Altura comercial del árbol en metros

USAID: Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional

CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico

ASA: Agua y Suelo para la Agricultura

PMMC: Proceso de elaboración de Planes de Manejo de Microcuencas

BIBLIOGRAFÍA

Agua y Suelo para la Agricultura. (27 de Mayo de 2021). *¿Por qué vale la pena la Agricultura de Conservación?* Obtenido de <https://asa.crs.org/2021/05/por-que-vale-la-pena-la-agricultura-de-conservacion/>

Agua y Suelo para la Agricultura. (Agosto de 2020). *Cinco beneficios de favorecer el ciclo del agua para la agricultura.* Obtenido de https://www.appropedia.org/ASApedia/Cobertura_permanente_en_el_suelo

Agua y Suelo para la Agricultura. (2020). *La cobertura del suelo.* Obtenido de [appropedia.org: https://www.appropedia.org/ASApedia/Cobertura_permanente_en_el_suelo](https://www.appropedia.org/ASApedia/Cobertura_permanente_en_el_suelo)

Alvarado, M. (2014). *Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal*,.

Azada verde. (s.f.). *¿Qué es la rotación de cultivos y por qué es importante?* Obtenido de <https://azadaverde.org/que-es-la-rotacion-de-cultivos-y-por-que-es-importante-en-la-agricultura#:~:text=La%20rotaci%C3%B3n%20de%20cultivos%20contribuye,reduce%20el%20agotamiento%20del%20suelo>.

Blogger. (4 de Abril de 2016). *Gestion de cuencas Hidrograficas* . Obtenido de delavegagestiondecuencashidrograficas.blogspot.com/2016/04/priorizacion-y-clasificacion-de-cuencas.html

CONAF. (2016). *MANUAL DE SILVICULTURA PREVENTIVA*. Chile.

CONAFOR. (2023). *Manual de Obras y Prácticas de Protección, Restauración y Conservación de Suelos Forestales*. Mexico.

COUSAS. (2015). <https://www.cousasde.com/unesco-entrega-o-certificado-de-inscripcion-da-biosfera-cacique-lempira-senor-de-las-montanas-ao-presidente-de-honduras/>.
Obtenido de Cousas de revista: <https://www.cousasde.com/unesco-entrega-o-certificado-de-inscripcion-da-biosfera-cacique-lempira-senor-de-las-montanas-ao-presidente-de-honduras/>

Donovan, M. (23 de Enero de 2020). *¿Qué es la agricultura de conservación?* Obtenido de <https://www.cimmyt.org/es/noticias/que-es-la-agricultura-de-conservacion/>

ENCC. (2012). *Estrategia Nacional de cambio climatico Honduras*. Obtenido de Fao.org: <https://faolex.fao.org/docs/pdf/hon148589.pdf>

FAO. (2019). *Los bosques y agua*.

FAO. (s.f.). *Agricultura de conservación - ¿Por qué lo hacemos?* Obtenido de <https://www.fao.org/conservation-agriculture/overview/why-we-do-it/es/>

Foro Nuclear . (s.f.). *¿Qué es el carbón y qué usos tiene?* Obtenido de <https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-distintas-fuentes-de-energia/que-es-el-carbon-y-que-usos-tiene/>

Futurismo. (2022). *El agroturismo: importancia para el presente y el futuro del ser humano y del planeta.*

Galvez, J. O. (2017). *Aguas subterráneas acuíferos.*

ICC. (2017). *Manual de Medición de Caudales.* Obtenido de [icc.org.gt: https://icc.org.gt/wp-content/uploads/2023/03/064.pdf](https://icc.org.gt/wp-content/uploads/2023/03/064.pdf)

ICF. (2020). *ICF.* Obtenido de <https://icf.gob.hn/campana-incidentes-forestales-poblacion-general/>

IFEMA MADRID. (3 de Mayo de 2023). *¿Qué es la agricultura de conservación?* Obtenido de <https://www.ifema.es/noticias/agricultura/agricultura-conservacion-que-es>

INIFAT. (2023). *EL MANEJO DE CUENCAS COMO HERRAMIENTA PARA .*

ITTO. (2015). *Captura de carbono.*

Ley Forestal Areas Protegidas y Vida Silvestre. (2007). Conservación y protección de suelos y agua. *Ley Forestal Areas Protegidas y Vida Silvestre*, 39-40.

LIFEDER. (2022). *Bosques.* Obtenido de Lifeder: <https://www.lifeder.com/bosques/>

Lobo, B. (2021). *Parque Nacional Patuca: un espacio natural único del territorio hondureño.* Obtenido de Diario Roatan: <https://diarioroatan.com/parque-nacional-patuca-un-espacio-natural-unico-del-territorio-hondureno/>

Mamani. (2017). *Como Cubicamos nuestra madera.* La Paz.

Mancomunidad Trinacional Fronteriza Rio Lempa. (2017). *MANUAL DE ORGANIZACIÓN, FUNCIONES Y OBLIGACIONES DE JUNTAS ADMINISTRADORAS DE AGUA Y SANEAMIENTO PARA LA SOSTENIBILIDAD DE LOS SISTEMAS COMUNITARIOS DE AGUA.* Ocotepeque, Honduras.

N/A. (2012). *Operación y mantenimiento de la junta administradora del agua potable.*

Perez, C. (2013). *Importancia de los bosques .*

Pitayo verde. (16 de Marzo de 2023). *Barreras muertas, un práctica resiliente a la erosión.* Obtenido de <https://www.pitayoverde.enunclic.mx/index.php/blog/item/364-barreras-muertas-un-practica-resiliente-a-la-erosion>

RED ITC. (2014). *Manejo Sostenible de Recursos Naturales I.*

REFORESTAMOS. (2018). *Bienes y servicios de los bosques.*

REVE. (31 de Diciembre de 2025). *Honduras, líder de energías renovables.* Obtenido de <https://www.evwind.com/2015/12/31/honduras-lider-de-energias-renovables/>

TECNO AGRO. (Febrero de 2020). *La regeneracion Natural.* Obtenido de <https://tecnoagro.com.mx/no.-138/la-regeneracion-natural-en-areas-de-cultivo>

Umaña, K. (7 de Mayo de 2017). *Tipos de bosques en Honduras.* Obtenido de Honduras vida pura: <https://hondurasvidapura.blogspot.com/2017/05/tipos-de-bosques-de-honduras.html>

USAID. (Octubre de 2017). *Cuencas Hidrograficas de Honduras .* Obtenido de Agua de honduras.gob.hn: https://aguadehonduras.gob.hn/files/Mapa_Oficial_Cuencas_Honduras_V4_2017.pdf

CREDITOS

ESTE MODULO FUE DESARROLLADO CON LA PARTICIPACIÓN DE LAS SIGUIENTES INSTITUCIONES Y PERSONAS

JUNTA DIRECTIVA

Por su liderazgo y acompañamiento en la consolidación de este manual

Presidente:

Carlos Antonio Iraheta
(ITC David Hercules Navarro)

Vicepresidente:

Denia Suleyda Galeano
(ITC Lamani)

Secretario:

Roger Guillermos Castro
(ITC San José)

Tesorero:

Darvin Orlando Palomo
(ITC Cristina de Borbon)

Vocal I:

Victor Noe Zelaya
(ITC Salomon Sorto Zelaya)

Vocal II:

Teresa de Jesus Meza
(ITC Lenca)

Vocal III:

Renato Díaz Gómez
(ITC José María Medina)

UNIDAD COORDINADORA

Emin Rodríguez – Gerente de Red ITC

Maricela Ordoñez – Asesora Curricular

Samuel Castillo – Asesor Curricular

Elmis Perdomo – Asesor de Emprendimiento

Gerson Abrego – Asesor de Emprendimiento

Elvis Velásquez – Especialista en Comunicaciones

EQUIPO DE REDACCIÓN

Yoni Emilson Carcamo Martinez

Eduar Amilcar Sanchez Perez

Este manual fue elaborado en colaboración con el Programa Intersectorial de la UNESCO “Avanzando la educación científica y ambiental para sociedades resilientes y el desarrollo sostenible”.

Agradecemos especialmente la valiosa contribución de:

Julia Strack Díaz

Romina Kasman

ASAMBLEA DE LA RED ITC

Por su visión, orientación y respaldo en este proceso.

AGRADECIMIENTO ESPECIAL A LAS INSTITUCIONES



**BACHILLERATO TÉCNICO PROFESIONAL EN
INNOVACIÓN Y DESARROLLO AGROFORESTAL
BTP-IDA**

**MANUAL DE
MANEJO SOSTENIBLE DE LOS
RECURSOS NATURALES**

UNDÉCIMO

