

# Introducción

## La Gran Imagen

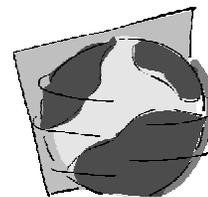
El agua ocupa dos tercios de la superficie terrestre. El otro tercio corresponde a los continentes en los que vivimos. Hasta que el ser humano viajó al espacio no se pudo apreciar completamente la belleza y la diversidad de nuestro planeta. Dependemos de la superficie de la Tierra (y de un poco por encima y por debajo de ella) para satisfacer la mayoría de nuestras necesidades. Por tanto, la realización de mapas y el seguimiento de esta superficie es vital para que podamos aprovechar los recursos que nos brinda y para asegurar su protección.

Teledetección simplemente significa aprender algo sobre un asunto sin tener contacto directo con él. Diariamente utilizamos la teledetección para escuchar, oler y ver. Históricamente, se han utilizado fotografías aéreas tomadas desde globos, aviones y, más recientemente, imágenes digitales obtenidas desde satélites, para crear mapas y hacer un seguimiento de la cobertura terrestre.

La teledetección tiene la gran ventaja de cubrir rápidamente grandes superficies y volver a visitar la zona frecuentemente. Sin embargo, algunos detalles que pueden observarse a nivel del suelo puede que no se detecten mediante la teledetección. Por ello, es positivo tomar datos de campo en los sitios de muestreo para completar la información que se adquiere mediante teledetección de esa zona. No es posible cubrir todos los lugares de la Tierra para crear un mapa de cobertura terrestre. En su lugar, se utilizan muestras –las visitas de campo reales– y se relacionan con lo que se puede observar utilizando varios sistemas de teledetección.

Las observaciones realizadas mediante teledetección de la superficie de la Tierra generalmente se presentan en forma imágenes digitales. Cada elemento de estas imágenes es un *píxel* o elemento de la imagen. El tamaño de los píxeles depende de la resolución espacial del sensor utilizado. La resolución espacial hace referencia al objeto más pequeño que puede ser distinguido en la imagen. Las imágenes utilizadas en GLOBE son del sensor Thematic Mapper (TM) de Landsat, cuya resolución espacial o tamaño del píxel es de 30 m x 30 m. Ver Figura CT-I-1.

La resolución espectral hace referencia a las longitudes de onda de la luz, denominadas comúnmente, bandas, que los sensores de los satélites son capaces de medir. Nuestros ojos detectan diferentes longitudes de ondas de la luz (colores), pero sólo vemos en un rango longitudes



de onda conocido como la porción visible del espectro. El nuevo sensor de Landsat 7, Enhanced Thematic Mapper, es capaz de detectar seis bandas - azul, verde, rojo, infrarrojo cercano, y dos bandas en el infrarrojo medio – con una resolución espacial de 30 m x 30 m. También, detecta una banda en el infrarrojo térmico con resolución espacial de 60 m x 60 m, y una banda pancromática cubriendo las longitudes de onda desde el azul hasta el infrarrojo cercano con resolución espacial de 15 m x 15 m. En GLOBE se utilizan cinco de las seis primeras bandas, que son las mismas que estaban disponibles en los primeros sensores Thematic Mapper. Para más información sobre teledetección, consultar la sección *Teledetección* de la *Guía de Implementación*.

Los científicos que utilizan la teledetección usan las imágenes de satélite como herramientas para crear mapas de cobertura terrestre. Surge una cuestión muy importante, ¿son buenos estos mapas creados a partir de teledetección? Para contestar esta pregunta hay que hacer una evaluación de la exactitud del mapa. Si se visitan sitios de cobertura terrestre apropiados, se pueden comparar con el mapa y, así, determinar la exactitud de éste. Esta valoración es muy útil para tomar decisiones importantes sobre la cobertura terrestre de la Tierra a partir de estos mapas.

Finalmente, es importante que los muestreos de campo y los mapas de teledetección utilicen el mismo sistema de clasificación. Un sistema de clasificación consiste en una lista de categorías o tipos de cobertura terrestre y sus correspondientes definiciones para cada uno. Ya que el programa GLOBE es un esfuerzo mundial, es importante que el sistema de clasificación elegido sea apropiado para cualquier lugar de la Tierra. En el programa GLOBE se ha adaptado un sistema aceptado mundialmente desarrollado por la UNESCO, que incluye tanto la cobertura terrestre natural como la cobertura terrestre modificada por el hombre. Este sistema se denomina Sistema de Clasificación Modificado de la UNESCO (MUC). Todo el mundo en el programa GLOBE, utiliza el MUC para identificar sitios de muestreo visitados, así como los mapas realizados con datos obtenidos por teledetección. Por eso, se puede crear un mapa coherente, uniforme y validado de cobertura terrestre para todo el mundo.

# ¿Por Qué Investigar la Cobertura Terrestre?

Cobertura terrestre es un término general usado para describir lo que existe sobre el suelo o cubriendo la tierra. Se utilizan diferentes términos de cobertura terrestre para describir las diferencias que se aprecian cuando se observa la Tierra. La cobertura terrestre puede incluir el lugar donde vivimos, (casas o apartamentos), donde trabajamos, donde producimos bienes y servicios (áreas comerciales y agrícolas), y cómo viajamos (carreteras, trenes, aeropuertos). También es un término utilizado para describir los distintos hábitats naturales: desierto, bosques, zonas arboladas, humedales, glaciares y cuerpos de agua, entre otros. Todos los seres vivos, dependen de su hábitat y de su cobertura terrestre para sobrevivir. En ella encuentran cobijo, alimento y protección. La cobertura terrestre determina el tipo de animales que habitan esa zona. Por tanto, la cobertura terrestre es de gran interés para los ecólogos, que estudian cómo las plantas y los animales se relacionan con su ambiente.

La cobertura terrestre influye también en el clima, en las propiedades del suelo y en la química del agua. Los diversos tipos de cobertura terrestre difieren en sus efectos sobre el flujo de energía, de agua y de varios elementos químicos entre el aire y la superficie del suelo. La cobertura terrestre natural, es decir, aquella que no ha sido intervenida por el hombre, es a menudo un indicador del clima de una zona. Por ejemplo, los bosques se encuentran en la cara húmeda de las montañas, mientras que en la cara seca, la otra cara, hay arbustos. En una región costera con nieblas frecuentes, las plantas que se desarrollan modifican el suelo a lo largo del tiempo. Esta cobertura terrestre en estas zonas es una comunidad de árboles, arbustos y otras plantas indicadoras de costa con niebla. Los grandes bosques tropicales en realidad crean su propio clima con lluvias diarias. En los desiertos, las plantas adaptadas a condiciones secas, dominan la cobertura terrestre.

Conocer el tipo de cobertura terrestre de una región ayuda a comprender el clima local. Para los científicos que estudian la atmósfera, el suelo y la hidrología, así como las mediciones de cobertura terrestre de lugares cercanos proporcionan una información muy importante. Este tipo de información generalmente se denomina *metadatos* y ayuda a proporcionar un contexto para valorar los datos tomados por los

científicos o alumnado en ese sitio. Sin embargo, para los científicos que estudian la cobertura terrestre, estos datos proporcionan mucho más que eso.

## *Creación de Mapas*

Los datos tomados en los sitios de muestreo de cobertura terrestre visitados ayudan a los científicos que estudian la cobertura terrestre a crear y clasificar los mapas de cobertura terrestre generados a partir imágenes de satélite y fotografías aéreas. Otros sitios de muestreo adicionales ayudan a comprobar la exactitud de estos mapas. Los datos de las mediciones de campo, tales como los de biometría (mediciones de seres vivos) ayudan a los científicos que estudian los sistemas terrestres a mejorar su habilidad para interpretar las imágenes de satélite.

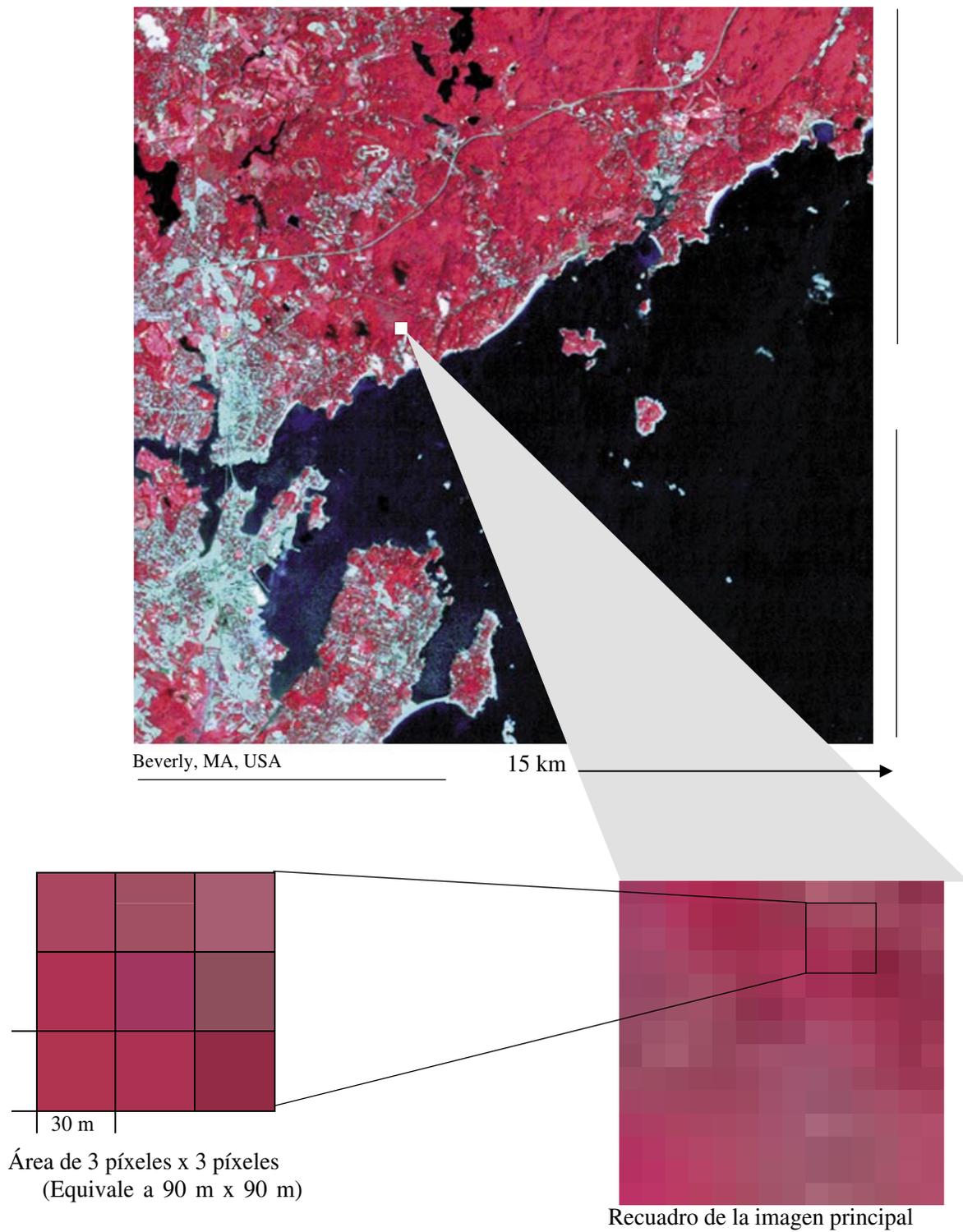
## *Seguimiento*

Los mapas de cobertura terrestre se utilizan para realizar un seguimiento de plantas, animales y hábitats en peligro, del desarrollo económico, del uso del suelo, de la gestión del combustible, de la gestión de cultivos, de los humedales, de los efectos de los cambios ambientales en los ecosistemas y otros cambios en la cobertura terrestre a lo largo del tiempo. La lista de usos es larga, una vez que los científicos tienen acceso a datos precisos y exactos de cobertura terrestre.

Los datos de biometría recogidos en el campo ayudan a los científicos a controlar la cantidad de nutrientes, agua y gases en la vegetación. Ayudan a comprender los sistemas terrestres, incluyendo, el ciclo de nutrientes, el de la energía y el ciclo hidrológico. La cobertura terrestre influye en estos ciclos de diversas formas. Un ejemplo es cómo la radiación solar reflejada por la tierra y por la vegetación influye en los patrones climáticos locales y globales. Dado que la cobertura terrestre es un componente de varios sistemas, realizar un seguimiento de sus características proporcionará más información para comprender los sistemas ecológicos globales. Las plantas forman parte de ciclos de nutrientes e hidrológicos, y pueden utilizarse como indicadores para seguir los cambios en estos sistemas. Los datos obtenidos por teledetección que permiten discriminar entre varios tipos de vegetación, se pueden utilizar para determinar la salud y la densidad de las plantas, pero requieren observaciones de campo, para cuantificar y calibrar estas relaciones.

Figura CT-I-1: Ejemplo de Imagen Satelital

Imagen Satelital de Beverly, MA en Falso Color



Cuando se amplía una imagen de satélite de 15 Km x 15 Km, los píxeles (cuyo tamaño es 30 m x 30 m) se hacen visibles. En la *Investigación de la Cobertura Terrestre/Biología*, el alumnado realiza mediciones de campo en sitios de 90 m x 90 m (equivalente a 3 píxeles x 3 píxeles).



## Los Científicos Necesitan los Datos GLOBE

Los científicos toman datos del suelo para aprender tanto como sea posible sobre la Tierra. Lo ideal para los científicos que estudian los sistemas de la Tierra sería tener información de cada lugar de nuestro planeta. Cuantos más datos de campo, mejor. En la práctica, sólo es posible reunir información de una pequeña muestra de áreas. La teledetección proporciona un medio para relacionar observaciones y mediciones sobre el terreno en zonas más grandes y globales. Los datos de campo se necesitan para conocer las zonas de muestreo y para validar (es decir, comparar con) los mapas generados a partir de teledetección. En un centro GLOBE, el alumnado puede aportar significativamente datos a esta información general. Ningún otro grupo en el mundo está recopilando datos como estos. Por lo tanto, los centros GLOBE están proporcionando una información única y valiosa, que ayudará a los científicos a comprender mejor la Tierra. Mediante la *Creación de Mapas de la Investigación de Cobertura Terrestre/Biología* y los *Protocolos de Toma de Datos*, el alumnado GLOBE ayudará a la ciencia a estudiar los sistemas terrestres, a la vez que aumentará su propio conocimiento del método científico, de los sistemas ecológicos y el entorno que les rodea.

### *Objetivos Didácticos*

El alumnado que participe en las actividades de este capítulo adquirirá habilidades científicas de investigación y comprenderá ciertos conceptos científicos. Estas habilidades incluyen el uso de instrumentos y técnicas especiales para la medición y análisis de los datos resultantes, junto con técnicas de investigación. Las Habilidades de Investigación Científica que aparecen en el cuadro gris al principio de cada protocolo están basadas en la presunción de que el profesorado ha completado el protocolo, incluyendo la sección Observación de los Datos. Si esta sección no se aborda, no se habrán cubierto todas las Habilidades de Investigación. Los conceptos científicos que se determinan están comprendidos en los Estándares Nacionales de Educación en Ciencias de los Estados Unidos, según se recomienda por el Consejo Nacional de Investigación de EE.UU., e incluyen las Ciencias del Espacio y de la Tierra, Ciencias Físicas, y Ciencias de la Vida. Los conceptos de Geografía se han tomado de los Estándares Nacionales de Geografía, preparados por el Proyecto de Estándares Nacionales de Educación. También se incluyen conceptos de enriquecimiento adicionales específicos de las mediciones y creación de mapas de cobertura terrestre. El recuadro gris al principio de cada protocolo y actividad de aprendizaje proporciona los conceptos científicos clave y las habilidades de investigación científica que se cubren. Las siguientes tablas proporcionan un resumen de qué los conceptos y habilidades se cubren en qué protocolos o actividades de aprendizaje.

| Protocolos Básicos   |                   |           |                |
|--|-------------------|-----------|----------------|
| Estándares Nacionales de Educación en Ciencias   | Sitio de Muestreo | Biometría | Mapas Manuales |
| <b>Conceptos de Ciencias Físicas Propiedades de Objetos y Materiales (k-4)</b>                             |                   |           |                |
| Objetos que tienen propiedades visibles  | x                 | x         |                |
| <b>Posición y Movimiento de Objetos (k-4)</b>  |                   |           |                |
| Posición de objetos que se pueden describir por medio de la localización de otros objetos                  | x                 |           |                |
| <b>Conceptos de Ciencia de la Vida</b>   |                   |           |                |
| <b>Características de los Organismos (k-4)</b>   |                   |           |                |
| La Tierra posee muchos y diversos entornos que mantienen diferentes combinaciones de organismos            | x                 | x         |                |
| <b>Los Organismos y sus Entornos (k-4)</b>   |                   |           |                |
| Las funciones y sus organismos se relacionan con su entorno  |                   |           |                |
| Los organismos cambian los entornos en los que viven   |                   | x         |                |
| Los humanos pueden cambiar el entorno natural  |                   |           |                |
| <b>Estructura y Función de los Sistemas Vivos (5-8)</b>  |                   |           |                |
| Ecosistemas demuestran la naturaleza complementaria de estructura y función                                |                   |           |                |
| <b>Regulación y Comportamiento (5-8)</b>   |                   |           |                |
| Todos los organismos deben ser capaces de obtener y utilizar los recursos de un entorno en cambio continuo |                   |           |                |
| <b>Población y Ecosistemas (5-8)</b>   |                   |           |                |
| Todas las poblaciones juntas, y los factores físicos con lo que interactúan constituyen un ecosistema      | x                 | x         |                |
| <b>La Interdependencia de los Organismos (9-12)</b>  |                   |           |                |
| Los humanos pueden cambiar el equilibrio del ecosistema  |                   |           |                |
| <b>Conceptos de Geografía</b>  |                   |           |                |
| <b>Cómo Utilizar los Mapas (reales e imaginarios K-4)</b>  | x                 |           |                |
| <b>Características Físicas del Lugar (k-4)</b>   | x                 | x         |                |
| <b>Las Características y la Distribución espacial de los ecosistemas (k-12)</b>                            | x                 | x         | x              |
| La forma en la que los humanos cambian el entorno  |                   |           | x              |

| Protocolos Avanzados  |                                   | Actividades de Aprendizaje |                       |                        |        |                                    |                      |                        |
|-----------------------|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------|------------------------|--------|------------------------------------|----------------------|------------------------|
| Mapas con Computadora | Cambios en la Cobertura Terrestre | Familiarización            | Observación del Sitio | Clasificación de Hojas | Odisea | Exactitud de los Picos de las Aves | Descubriendo un Área | Uso de los Datos GLOBE |
|                       |                                   |                            |                       |                        |        |                                    |                      |                        |
|                       |                                   |                            |                       | X                      |        | X                                  |                      |                        |
|                       |                                   |                            |                       |                        |        |                                    |                      |                        |
|                       |                                   |                            |                       |                        |        |                                    |                      |                        |
|                       |                                   |                            |                       |                        |        |                                    |                      |                        |
|                       | X                                 |                            | X                     |                        |        |                                    | X                    |                        |
|                       |                                   |                            |                       |                        |        |                                    |                      |                        |
|                       | X                                 |                            |                       |                        |        | X                                  |                      |                        |
|                       | X                                 | X                          |                       |                        |        |                                    |                      |                        |
|                       |                                   |                            |                       |                        |        |                                    | X                    |                        |
|                       | X                                 |                            |                       |                        |        |                                    |                      |                        |
| X                     | X                                 |                            | X                     |                        | X      |                                    |                      | X                      |
|                       | X                                 |                            |                       |                        |        |                                    | X                    |                        |
|                       | X                                 | X                          | X                     |                        | X      |                                    |                      | X                      |
|                       | X                                 | X                          | X                     |                        | X      |                                    |                      | X                      |
| X                     | X                                 | X                          | X                     |                        | X      |                                    |                      | X                      |
| X                     | X                                 |                            | X                     |                        | X      |                                    | X                    | X                      |

| Estándares Nacionales de Investigación en Ciencias   | Protocolos Básicos |           |                |
|--|--------------------|-----------|----------------|
|  | Sitio de Muestreo  | Biometría | Mapas Manuales |
| <b>Habilidades de Investigación Científica General</b>   |                    |           |                |
| Usar matemáticas y técnicas apropiadas   |                    |           |                |
| Construir o modelo o instrumento científico  |                    |           |                |
| Identificar preguntas pertinentes  | X                  | X         | X              |
| Diseñar y llevar a cabo investigaciones científicas  | X                  | X         | X              |
| Usar matemáticas apropiadas para analizar datos  | X                  | X         | X              |
| Desarrollar descripciones y explicaciones basadas en la evidencia  | X                  | X         | X              |
| Reconocer y analizar explicaciones alternativas  | X                  | X         | X              |
| Compartir procedimientos y explicaciones   | X                  | X         | X              |
| <b>Habilidades de Investigación Científica Específicas</b>   |                    |           |                |
| Uso adecuado de instrumentos y técnicas de campo para la toma de muestras de Cobertura Terrestre   | X                  |           |                |
| Realizar observaciones para determinar el tipo apropiado de cobertura terrestre  | X                  |           |                |
| Compartir los resultados de clasificación de cobertura terrestre para llegar a un consenso   | X                  |           |                |
| Identificar mediciones de biometría necesarias para MUC  |                    | X         |                |
| Usar guías de campo de vegetación para identificar las especies de vegetación  |                    | X         |                |
| Interpretar datos para proponer clasificación MUC  |                    | X         |                |
| Clasificar la cobertura terrestre y crear un mapa del tipo de cobertura terrestre  |                    |           | X              |
| Evaluar la exactitud del mapa del tipo de cobertura terrestre, por medio de la evaluación de la exactitud  |                    |           | X              |
| Utilizar datos de cobertura terrestre y herramientas y tecnología adecuada para interpretar el cambio  |                    |           |                |
| Recoger datos espaciales e históricos para determinar la validez de las hipótesis del cambio   |                    |           |                |
| Uso de mapas, fotografías aéreas y otras herramientas y técnicas para crear un mapa de cobertura terrestre.  |                    |           |                |
| Reconocer y analizar diferentes puntos de vista sobre la clasificación de la cobertura, y alcanzar un consenso   |                    |           |                |
| Integrar datos de diversos grupos de informaciones para obtener una comprensión dinámica de cómo funcionan los sistemas terrestres                               |                    |           |                |
| La clasificación ayuda a organizar y a comprender la naturaleza  |                    |           |                |
| Un sistema de clasificación es un conjunto de reglas e identificaciones para clasificar objetos  |                    |           |                |
| Un sistema jerárquico es aquel que contiene varios niveles de características en orden creciente   |                    |           |                |
| Observar un paisaje para diseñar un modelo basado en él  |                    |           |                |
| Dibujar un paisaje desde distintas perspectivas  |                    |           |                |
| Utilizar diferentes escalas para observar objetos distintos  |                    |           |                |
| Identificar criterios de decisión para un sistema de clasificación, y usarlo para la identificación de aves  |                    |           |                |
| Recoger e interpretar datos de validación  |                    |           |                |
| Utilizar datos numéricos para describir y comparar la exactitud de la clasificación  |                    |           |                |
| Usar el mapa del tipo de cobertura terrestre para debatir como su composición afectará a los organismos que utilicen un tipo de cobertura terrestre determinado. |                    |           |                |
| Analizar los distintos escenarios que varían los tipos de cobertura terrestre de un área   |                    |           |                |
| Evaluar diferentes soluciones para escenarios distintos  |                    |           |                |
| Usar la Web de GLOBE para reunir, analizar e interpretar datos.  |                    |           |                |
|  |                    |           |                |

| Protocolos Avanzados  |                                   | Actividades de Aprendizaje |                       |                        |        |                         |                      |                    |
|-----------------------|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------|------------------------|--------|-------------------------|----------------------|--------------------|
| Mapas con Computadora | Cambios en la Cobertura Terrestre | Familiarización            | Observación del Sitio | Clasificación de Hojas | Odisea | Actividad picos de aves | Descubriendo un Área | Uso de Datos GLOBE |
|                       |                                   |                            |                       |                        |        |                         |                      |                    |
|                       |                                   |                            |                       |                        |        |                         |                      |                    |
|                       |                                   |                            |                       |                        |        |                         |                      |                    |
| X                     | X                                 | X                          | X                     | X                      | X      | X                       | X                    | X                  |
| X                     | X                                 | X                          | X                     | X                      | X      | X                       | X                    | X                  |
| X                     | X                                 | X                          | X                     | X                      | X      | X                       | X                    | X                  |
| X                     | X                                 | X                          | X                     | X                      | X      | X                       | X                    | X                  |
| X                     | X                                 | X                          | X                     | X                      | X      | X                       | X                    | X                  |
| X                     | X                                 | X                          | X                     | X                      | X      | X                       | X                    | X                  |
|                       |                                   |                            |                       |                        |        |                         |                      |                    |
|                       |                                   |                            |                       |                        |        |                         |                      |                    |
|                       |                                   |                            |                       |                        |        |                         |                      |                    |
|                       |                                   |                            |                       |                        |        |                         |                      |                    |
|                       |                                   |                            |                       |                        |        |                         |                      |                    |
|                       |                                   |                            |                       |                        |        |                         |                      |                    |
| X                     |                                   |                            |                       |                        |        |                         |                      |                    |
| X                     |                                   |                            |                       |                        |        |                         |                      |                    |
|                       | X                                 |                            |                       |                        |        |                         |                      |                    |
|                       | X                                 |                            |                       |                        |        |                         |                      |                    |
|                       |                                   | X                          |                       |                        |        |                         |                      |                    |
|                       |                                   | X                          |                       |                        |        |                         |                      |                    |
|                       |                                   |                            | X                     |                        |        |                         |                      |                    |
|                       |                                   |                            |                       | X                      |        |                         |                      |                    |
|                       |                                   |                            |                       | X                      |        |                         |                      |                    |
|                       |                                   |                            |                       | X                      |        |                         |                      |                    |
|                       |                                   |                            |                       |                        | X      |                         |                      |                    |
|                       |                                   |                            |                       |                        | X      |                         |                      |                    |
|                       |                                   |                            |                       |                        | X      |                         |                      |                    |
|                       |                                   |                            |                       |                        |        | X                       |                      |                    |
|                       |                                   |                            |                       |                        |        | X                       |                      |                    |
|                       |                                   |                            |                       |                        |        | X                       |                      |                    |
|                       |                                   |                            |                       |                        |        |                         | X                    |                    |
|                       |                                   |                            |                       |                        |        |                         | X                    |                    |
|                       |                                   |                            |                       |                        |        |                         | X                    |                    |
|                       |                                   |                            |                       |                        |        |                         |                      | X                  |

# Logística de las Mediciones

## *Visión General*

Esta investigación implicará el estudio de la cobertura terrestre en el sitio de estudio GLOBE de un área de 15 Km por 15 Km con centro en la escuela. En este sitio de estudio se visitarán varios sitios de muestreo de cobertura terrestre para recoger datos sobre el tipo de cobertura actual. Cada uno de los sitios de muestreo deberá tener un tamaño de 90 m x 90 m y una cobertura terrestre homogénea. GLOBE proporciona las imágenes de satélite del sitio de estudio. A medida que se va entendiendo la cobertura terrestre de la zona, se creará un mapa de cobertura terrestre a partir de las imágenes de satélite. Por último, se estudian los cambios a lo largo del tiempo en la cobertura terrestre comparando dos imágenes de satélite del sitio de estudio GLOBE y los datos de las mediciones de campo adicionales que se han recopilado. Las imágenes se han obtenido con algunos años de diferencia, por lo que se pueden comparar los cambios que se han producido entre las dos fechas.

## *¿Dónde se Realizan las Mediciones?*

Las mediciones de *Investigación de la Cobertura Terrestre/Biología*, se realizan en el sitio de estudio GLOBE. Este es el área de 15 Km x 15 Km, con el centro educativo cerca del centro, que cubre la imagen de satélite Landsat Thematic Mapper (TM) proporcionada por GLOBE. Para obtener estas imágenes, contacte con la Coordinación o con el equipo de ayuda de GLOBE. Realizando estos los protocolos y las actividades de aprendizaje asociadas con esta investigación, se llegará a una familiarización con esta parte del ambiente. Se creará y se validará un mapa de cobertura terrestre de esta área.

En el sitio de estudio GLOBE es importante seleccionar lugares de muestreo apropiados (denominados sitios de muestreo de cobertura terrestre) para la observación y las mediciones detalladas. Ver Figura CT-I-1. Se debería tener al menos un sitio de muestreo por cada tipo de cobertura terrestre existente en el sitio de estudio. Estos sitios de muestreo son áreas de cobertura terrestre homogénea (con el mismo tipo de cobertura terrestre) de un tamaño de 90 m x 90 m. Si se está en una zona de cobertura homogénea mayor que 90 m x 90 m, situar el sitio de muestreo

hacia el centro del área. Ver Figura CT-I-2. Es necesario que el área del sitio de muestreo sea 90 m x 90 m para localizar con exactitud el sitio en el suelo y en las imágenes de satélite. Esta área es equivalente a 9 píxeles del Landsat Thematic Mapper (TM) (un cuadrado de 3 por 3 píxeles). Ver la sección de *Teledetección* de la *Guía de Implementación*.

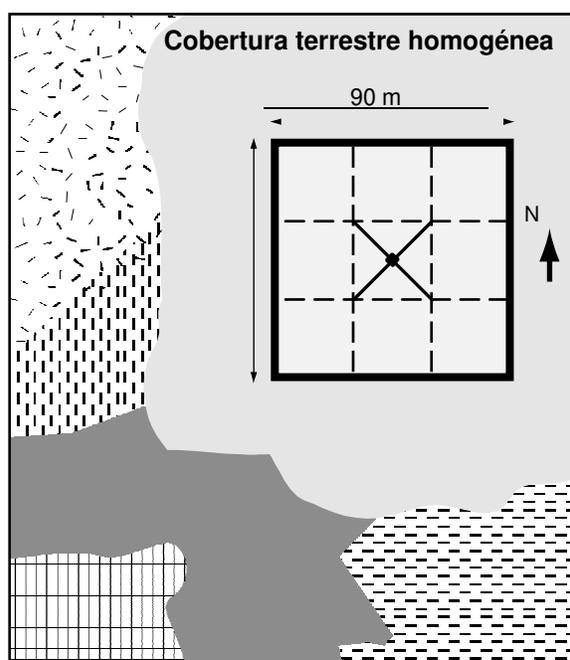
También se pueden tomar datos de lugares fuera del sitio de estudio GLOBE. Por ejemplo, algunos centros educativos realizan visitas periódicas a espacios naturales lejanos, tales como parques nacionales. Recogen datos en ellos que envían a GLOBE. Si el centro hace visitas repetidas a tales lugares se debería solicitar imágenes Landsat de este sitio a GLOBE, para poder realizar todos los aspectos de la *Investigación de la Cobertura Terrestre/Biología* en este sitio adicional.

## *¿Qué Mediciones se Realizan?*

Existen dos variedades de mediciones de cobertura terrestre que se informan a GLOBE. La primera implica observaciones realizadas en cada uno de los sitios de muestreo de cobertura terrestre. El segundo son los mapas de tipos de cobertura terrestre que se realizan del sitio de estudio GLOBE.

El *Protocolo del Sitio de Muestreo de Cobertura Terrestre* detalla los pasos para realizar mediciones en un sitio de cobertura terrestre. Hay tres observaciones esenciales:

*Figura CT-I-2: Cobertura terrestre homogénea*



- Latitud, longitud y altitud, utilizando un receptor GPS.
- Clasificación de la cobertura terrestre (utilizando el sistema MUC).
- Fotografías tomadas hacia los cuatro puntos cardinales(N, S, W, E), desde el centro del sitio.

Para realizar la clasificación de cobertura terrestre pueden ser necesarias mediciones adicionales. La cantidad de mediciones dependerá de la naturaleza de la cobertura terrestre en el sitio. Clasificar un sitio puede llevar desde 20 minutos a una hora aproximadamente, dependiendo de qué mediciones se tenga que realizar. Además de las mediciones del *Protocolo del Sitio de Muestreo de Cobertura Terrestre*, se pueden incluir mediciones cuantitativas de la masa de materia vegetal presente, conocidas como mediciones de biometría. El *Protocolo de Biometría* muestra los pasos para realizar estas mediciones, que incluyen cobertura vegetal y del suelo, altura de árboles, arbustos y / o gramíneas, circunferencia de árboles y biomasa de gramíneas. **Todas las mediciones relevantes de Biometría deberían realizarse para determinar y / o verificar la clase de cobertura terrestre correcta.** Estas mediciones se utilizan para estudiar el crecimiento y la variación de la vegetación. Durante la investigación se recogerán y enviarán datos de varios sitios de muestreo.

Como parte de la *Investigación de la Cobertura Terrestre/Biología* se crearán mapas de cobertura terrestre del sitio de estudio, bien manualmente, siguiendo el *Protocolo de Creación de Mapas de Cobertura Terrestre Manualmente*, o bien por medio del programa MultiSpec, siguiendo el *Protocolo de Creación de Mapas de Cobertura Terrestre con la Computadora*. La culminación de la investigación será comparar imágenes de satélite obtenidas con algunos años de diferencia, para estudiar la variación de la cobertura terrestre a lo largo del tiempo, siguiendo el *Protocolo de Detección de Cambios en la Cobertura Terrestre*. En los protocolos de creación de mapas, el mapa final se envía a GLOBE, al final del proceso. Estos mapas se crean para aprender más sobre el entorno mediante observaciones y mediciones en lugares seleccionados. Cuando finalice esta investigación, se sabrá mucho más sobre el entorno que rodea al centro escolar y se será capaz de seguir los cambios mientras se están

produciendo. Para un centro concreto estos protocolos pueden durar desde un día hasta semanas, meses o años. Para más información ir a la sección específica del *Proceso de Creación y Evaluación de Mapas*.

### ¿Cuándo se Realizan las Mediciones?

El mejor momento para realizar las mediciones del *Sitio de Muestreo de Cobertura Terrestre* y los *Protocolos de Biometría* es durante el pico de la estación de máximo desarrollo. Este es el mejor momento para valorar la clase de cobertura terrestre del sitio y toda la cobertura del dosel de los árboles y del suelo. Si se va a visitar repetidamente un sitio y se van a realizar mediciones biométricas para observar los cambios en la biomasa a lo largo de un periodo determinado de años, se puede visitar el sitio una vez al año, en la misma época. O, si se quiere realizar un seguimiento de los cambios en la biomasa durante el año, se puede visitar el sitio dos veces o más al año, una vez en el pico de la estación de crecimiento y otra cuando el desarrollo es mínimo (por ejemplo, estación seca o invierno). Los protocolos de creación de mapas se pueden realizar en cualquier momento del año.

### Consideraciones Especiales

Se deben tener en cuenta algunas cuestiones de gestión del tiempo, educativas y logísticas para decidir cómo presentar y realizar los distintos *Protocolos de Cobertura Terrestre/Biología*.

- Se pueden tomar datos de cobertura terrestre de todas las clases de cobertura, siempre que los sitios sean homogéneos y, al menos, de un tamaño de 90 m x 90 m.
- Las mediciones de Biometría en los sitios de muestreo son muy útiles, y proporcionan una visión más completa del proceso de valoración de la cobertura terrestre. Se utilizan para decidir qué clase de cobertura terrestre es la correcta para un sitio de muestreo de cobertura terrestre.
- Las observaciones del sitio de muestreo son útiles y se pueden realizar rápida y eficazmente en un número suficiente para validar (o evaluar la exactitud) del mapa de tipos de cobertura terrestre generado a partir de la imagen del Landsat Thematic Mapper.
- Será mejor para el alumnado si se realizan mediciones de biometría antes de ir a los sitios de muestreo. Practicar antes de ir al campo disminuirá el tiempo de observación necesario para las mediciones en el sitio.

- Si se dispone de un receptor GPS y de una cámara, la observación de un sitio de muestreo de cobertura terrestre se puede llevar a cabo muy rápidamente. En caso contrario se necesitará volver al sitio para completar las observaciones. Por ello, sería bueno disponer de estos instrumentos.
- Los centros deberían tener tantos sitios de muestreo como fuera posible para cada tipo de cobertura terrestre presente en su mapa de tipos de cobertura terrestre, ya que se necesitan muchas muestras para valorar la exactitud del mapa. En el proceso de evaluación de la exactitud se pueden utilizar datos sitios tomados otros años, datos de otras clases o incluso de centros educativos cercanos.
- Hay que asegurarse distinguir entre sitios de vegetación natural y sitios cultivados.
- Revisar el *Glosario de Términos* para asegurarse que se entienden los términos utilizados en esta Investigación.

### *Preparación para Comenzar*

Mediante los *Protocolos de Cobertura Terrestre/Biología*, se podrá explorar la cobertura terrestre del sitio de estudio GLOBE y contestar a las preguntas que son importantes para una zona concreta, para una región y / o para el alumnado. La creación de un mapa de cobertura terrestre es sólo un paso para los científicos. Una vez creado este mapa, se puede utilizar y modificar para estudiar alguna cuestión concreta en la que se esté investigando. Por ejemplo, los científicos pueden estar estudiando el hábitat de ciertos animales o plantas, la sucesión de campos a bosques, o el ritmo de crecimiento de un pueblo o ciudad. Se puede estar observando también la cantidad de tierra sin explotar, cómo proteger los recursos hídricos, o dónde plantar ciertas cosechas durante la próxima estación. Los urbanistas pueden estar interesados en crear un mapa para destinar nuevos terrenos para centros educativos, cómo conectar sendas de recreo para crear un sistema continuo, o cómo hacer que el transporte público sea eficaz. Estos son algunos posibles usos de los mapas. Creando un mapa como base se dispondrá de una poderosa herramienta para empezar a detectar qué es lo que el alumnado considera importante en su zona.

Existen muchas formas de comenzar la investigación de la cobertura terrestre. Una de las más simples y rápidas es utilizar la actividad de

aprendizaje *Familiarización con las Imágenes de Satélite*. Consiste en una exploración de las imágenes. A partir de aquí, se empezará a apreciar “el patrón” de cobertura terrestre de la zona. Esto puede sacar a relucir temas locales que interesen al alumnado, como cuerpos de agua que necesiten protección, tierra que esta siendo erosionada, un sistema de caminos que se puede conectar a otros, etc. Partiendo de estas ideas, introducir los protocolos como una herramienta para explorar estos temas en mayor detalle. La página de introducción de cada protocolo ofrece algunas cuestiones que el alumnado debería estar planteándose para situarse en el contexto correcto del protocolo. Se introduce el tipo de datos que van a tomar y después se les pide que piensen en cómo pueden aplicar estos datos para resolver sus propias preguntas. Partiendo de las actividades de aprendizaje o de los protocolos mismos, la *Investigación de la Cobertura Terrestre/Biología* permite que el alumnado elija qué parte concreta de su entorno quiere explorar. Si el alumnado duda al plantear sus propias preguntas o no saben por dónde empezar, simplemente tomar datos del sitio de muestreo de cobertura terrestre y trabajar en el mapa de cobertura puede ser un gran comienzo, y puede ayudarles a que se planteen sus propias preguntas. El *Protocolo de Detección de Cambios en la Cobertura Terrestre* también puede servir como base para la pregunta: ¿Cuántos cambios se han producido en el sitio de estudio GLOBE en los años transcurridos entre las dos imágenes?

Se puede comenzar con pocos o con muchos datos, según se considere mejor. Un sólo sitio de muestreo sirve para comenzar. Al año siguiente se pueden estudiar varios sitios, una vez se vaya conociendo el proceso. Si se está preparado para explorar los lugares que rodean al centro educativo ¡A comenzar la *Investigación de Cobertura Terrestre/Biología!*

## Los Protocolos de un Vistazo

| <b>PROTOCOLO</b>  | <b>¿Qué procedimientos se realizan?</b>   | <b>¿Dónde se llevan a cabo?</b>                    | <b>¿Cuándo se llevan a cabo?</b>  | <b>¿Qué se necesita?</b>   |
|---|---|--|---|--|
| <b>Sitio de muestreo de cobertura terrestre</b>                   | MUC, latitud, longitud, altitud, fotografías  | En un área homogénea<br>De 90 m x 90 m             | Una vez en cada nuevo sitio en el pico de crecimiento, o con más frecuencia, en los sitios elegidos | <i>Guía de Campo MUC o Tabla del Sistema MUC y Glosario de Términos MUC</i> , GPS, cámara, brújula, equipo de biometría  |
| <b>Biometría</b>  | Cobertura vegetal y del suelo, altura de árboles, arbustos y gramíneas, circunferencia de los árboles, biomasa de gramíneas | En los sitios de muestreo de cobertura terrestre   | Para determinar el MUC o realizar observaciones adicionales el sitio                                | Densímetro, clinómetro, cintas métricas, Guías de campo de identificación de vegetación de tijeras podadoras, <i>Guía de Campo MUC o Tabla del Sistema MUC y Glosario de Términos MUC</i> , GPS, cámara, brújula |
| <b>Creación de mapas de cobertura terrestre</b>                   | Creación de un mapa de tipos de cobertura terrestre manualmente   | En el aula, de todo el sitio de estudio GLOBE      | Una vez, pero es un proceso iterativo a medida que se añaden nuevos sitios                          | Imágenes Landsat TM, transparencias, rotuladores permanentes, <i>Guía de Campo MUC o Tabla del Sistema MUC y Glosario de Términos MUC</i>  |
| <b>Creación de mapas de cobertura terrestre con el ordenador*</b> | Crear digitalmente un mapa de tipos de cobertura terrestre  | En el ordenador, de todo el sitio de estudio GLOBE | Una vez, pero es un proceso iterativo a medida que se añaden nuevos sitios                          | Ordenador, imágenes Landsat TM digitales, programa MultiSpec, <i>Guía de Campo MUC o Tabla del sistema MUC y Glosario de Términos MUC</i>  |
| <b>Detección de cambios*</b>                                      | Crear un mapa de cambios en la cobertura terrestre  | En el ordenador, de todo el sitio de estudio GLOBE | Una vez, pero es un proceso iterativo a medida que se añaden nuevos sitios                          | Ordenador, imágenes Landsat TM digital de años diferentes, programa MultiSpec  |

\* Ver la versión completa de la *Guía del Profesor GLOBE* en el sitio Web GLOBE y en CD-ROM.

## Metodología Recomendada

Los siguientes diagramas de flujo (Figura CT-I-3, Figura CT-I-4) presentan la metodología para llevar a cabo las *Investigación de Cobertura Terrestre/Biología*. La investigación se centra en determinar y en crear mapas de cobertura terrestre de un área determinada, el sitio de estudio GLOBE, y observar sus cambios en el tiempo. Este diagrama se divide en dos partes. La primera explica los procedimientos de recogida de datos de la cobertura terrestre, y la segunda muestra los procedimientos de creación de mapas y de detección de cambios. En cursiva se indican los protocolos. Estas mediciones se pueden utilizar para mejorar la comprensión de los ciclos de energía, del agua y de los elementos químicos, como el carbono y nitrógeno. Los mapas que realiza el alumnado de su sitio de estudio GLOBE y los que crean los científicos de zonas más amplias se pueden usar para la gestión y la investigación del alumnado. ¿Cómo y dónde cambian los tipos de cobertura terrestre? ¿Hay diferencias en la fertilidad entre el suelo de un bosque caducifolio y un humedal? ¿Qué ocurre

con la química del agua cuando varía al cobertura terrestre de su alrededor? Estas y otras muchas preguntas se pueden contestar mejor con la ayuda de mapas de cobertura terrestre y de mediciones de campo.

### *Toma de Datos.*

Para comenzar con la *Investigación de Cobertura Terrestre/Biología* es necesario familiarizarse con el sitio de estudio GLOBE, estudiando la imagen del Landsat TM y otros mapas o fotografías de la zona que se puedan obtener. Paralelamente al estudio de las imágenes se deben explorar los sitios para empezar a comprender los diversos tipos de cobertura terrestre en los 15 Km x 15 Km del sitio de estudio GLOBE. Una vez que esté familiarizado con el sitio, seleccionar áreas homogéneas (con la misma cobertura terrestre) para recoger datos del sitio de muestreo de cobertura terrestre. Antes de visitarlos, el alumnado debería conocer el sistema de clasificación de cobertura terrestre utilizado en GLOBE, el sistema MUC, y de cómo utilizar

Figura CT-I-3

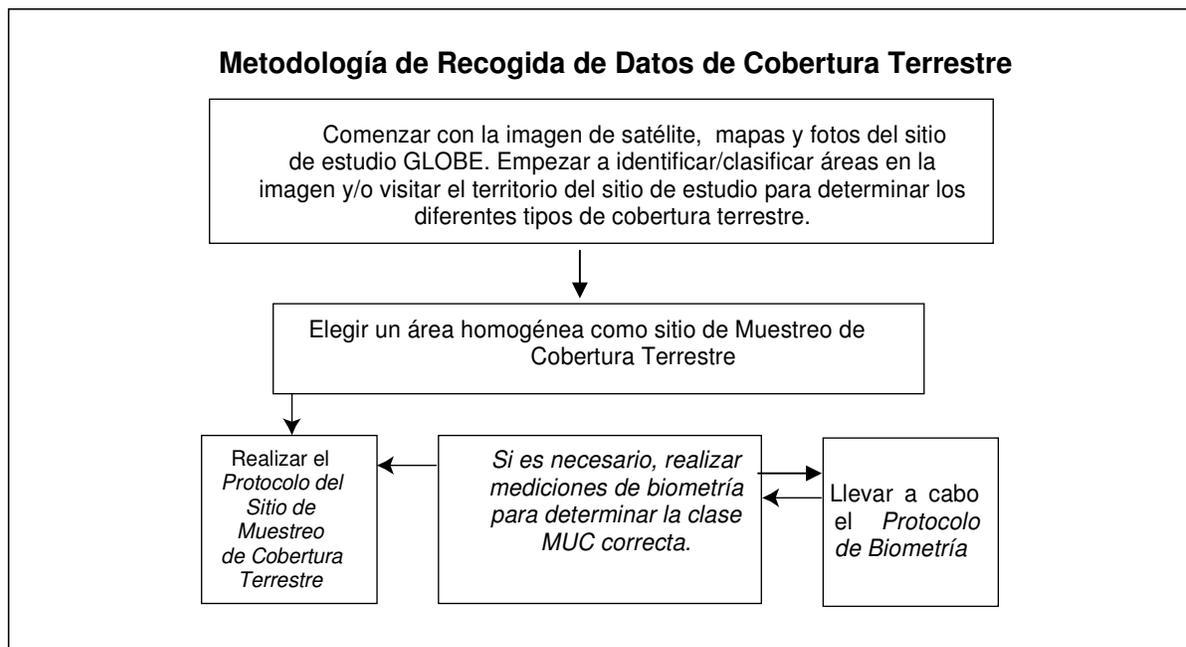
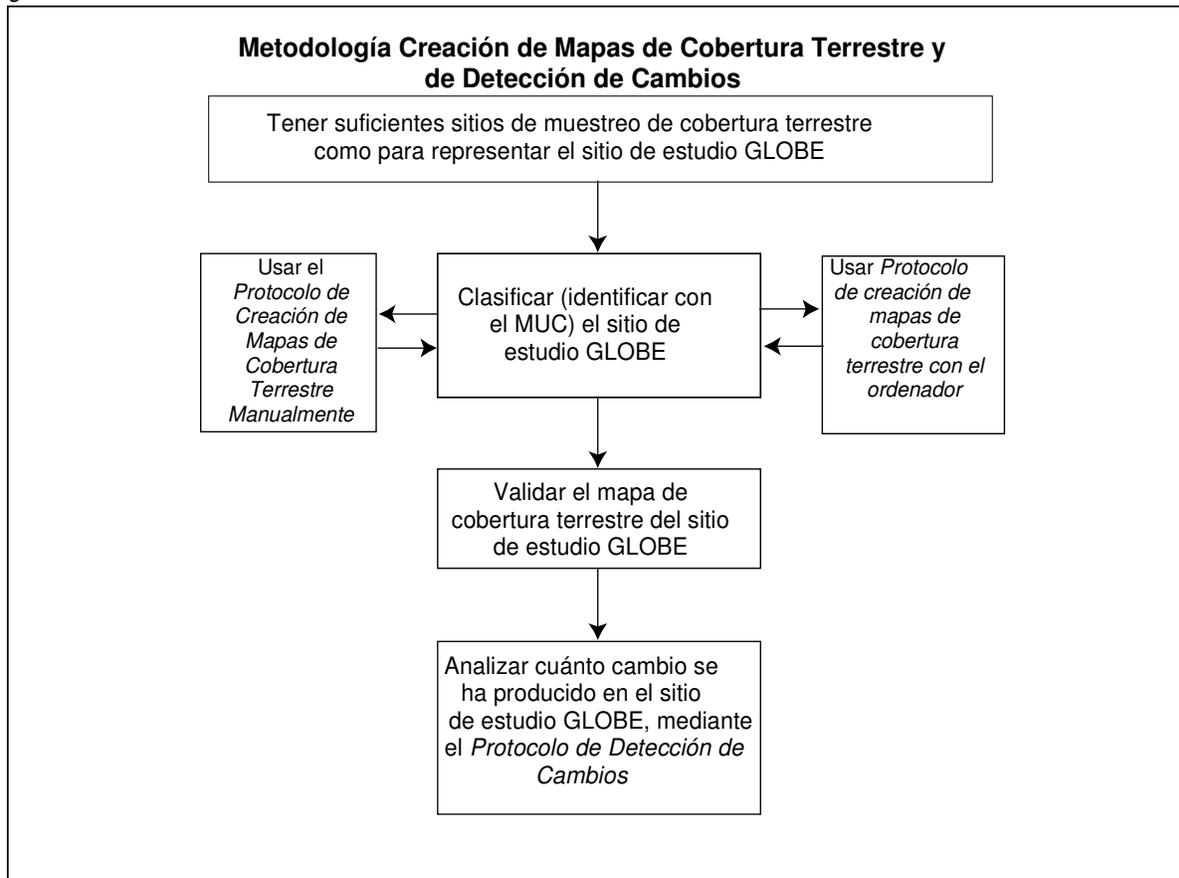


Figura CT-I-4



las mediciones de biometría para determinar la clase MUC. También hay que asegurarse de que se dispone del equipo necesario para llevar a cabo las mediciones de campo. Se podrán hacer algunos componentes clave de este equipo siguiendo las instrucciones de la sección de *Instrumentos de Investigación* de este capítulo. Se deberá disponer también de suficientes copias de las *Guías de Campo* para tomar medidas (que se encuentran en los *Protocolos*) y las correspondientes *Hojas de Datos* (en el *Apéndice*). El alumnado que practica las mediciones de biometría antes ir al campo suele realizar las mediciones de campo más eficaz y precisamente. Una vez que se ha elegido un sitio de muestreo homogéneo, se ha comprendido el sistema MUC, se dispone de los instrumentos, se han sacado las copias necesarias de las guías de campo y de las *Hojas de Datos*, y se ha practicado con el *Protocolo de Biometría*, se está preparado para establecer el sitio de muestreo de cobertura terrestre.

Es muy conveniente recoger datos de varios sitios de muestreo de cobertura terrestre de cada uno de los principales tipos de cobertura terrestre identificados en el sitio de estudio GLOBE.

Se debería también recoger tantos datos de biometría como sean necesarios de cada sitio de muestreo de cobertura terrestre para clasificar con exactitud el sitio mediante el Sistema MUC. Comenzar con los tipos más comunes de cobertura y continuar añadiendo sitios de muestreo hasta que se hayan recogido datos de tantos tipos de cobertura terrestre como sea posible. Esta investigación resulta más fácil de realizar si el alumnado dispone de un receptor GPS y lo lleva a cada sitio. De esta forma, no se necesita volver al sitio más tarde, hallar el centro y hacer mediciones en otro viaje.

Los datos de Biometría se deben reunir en los sitios de muestreo que se han visitado una vez para determinar la clase MUC. La cantidad de los datos de biometría recogidos variará, pero siempre se pueden recoger más datos para completar la información del sitio. Es conveniente realizar todas las mediciones de biometría en un sitio que sea representativo de la clase MUC bosque, zona arbolada, gramíneas (herbáceas), de la zona. Se pueden recoger también datos de Biometría en sitios que se visiten frecuentemente. Algunos centros educativos eligen un sitio que visitan cada año en la

misma época, para registrar los cambios de biometría que se han producido. Otros prefieren visitar un único sitio dos veces al año, para observar los cambios estacionales. A menudo, las visitas se corresponden con la época de máximo y mínimo crecimiento (sequía o invierno). En resumen, como mínimo se deben recoger las mediciones de biometría necesarias para ayudar a determinar la clase MUC. Recoger el máximo número de datos es una decisión que depende del tiempo disponible, y se debe basar en el tipo de cambios que se estén siguiendo en el sitio. Todos los datos de cobertura terrestre que se recojan con exactitud por el alumnado GLOBE serán de utilidad. Los científicos GLOBE reconocen que las prioridades educativas y logísticas serán las

que determinen habitualmente qué mediciones se van a realizar.

Los sitios de muestreo de cobertura terrestre son importantes para validar la exactitud de los mapas de tipos de cobertura, que es un objetivo científico clave de esta investigación. Se reconoce, sin embargo, que lleva tiempo, quizá años, reunir un conjunto de sitios de muestreo de cobertura terrestre representativos de cada uno de los tipos importantes de cobertura terrestre de cada sitio de estudio GLOBE. Se puede asignar un tipo de cobertura a cada grupo de alumnos, de manera que no haya dos grupos trabajando sobre el mismo tipo de cobertura terrestre, y recoger así mayor cantidad de datos.

Figura CT-I-5: Diagrama del Proceso de Evaluación de la Exactitud

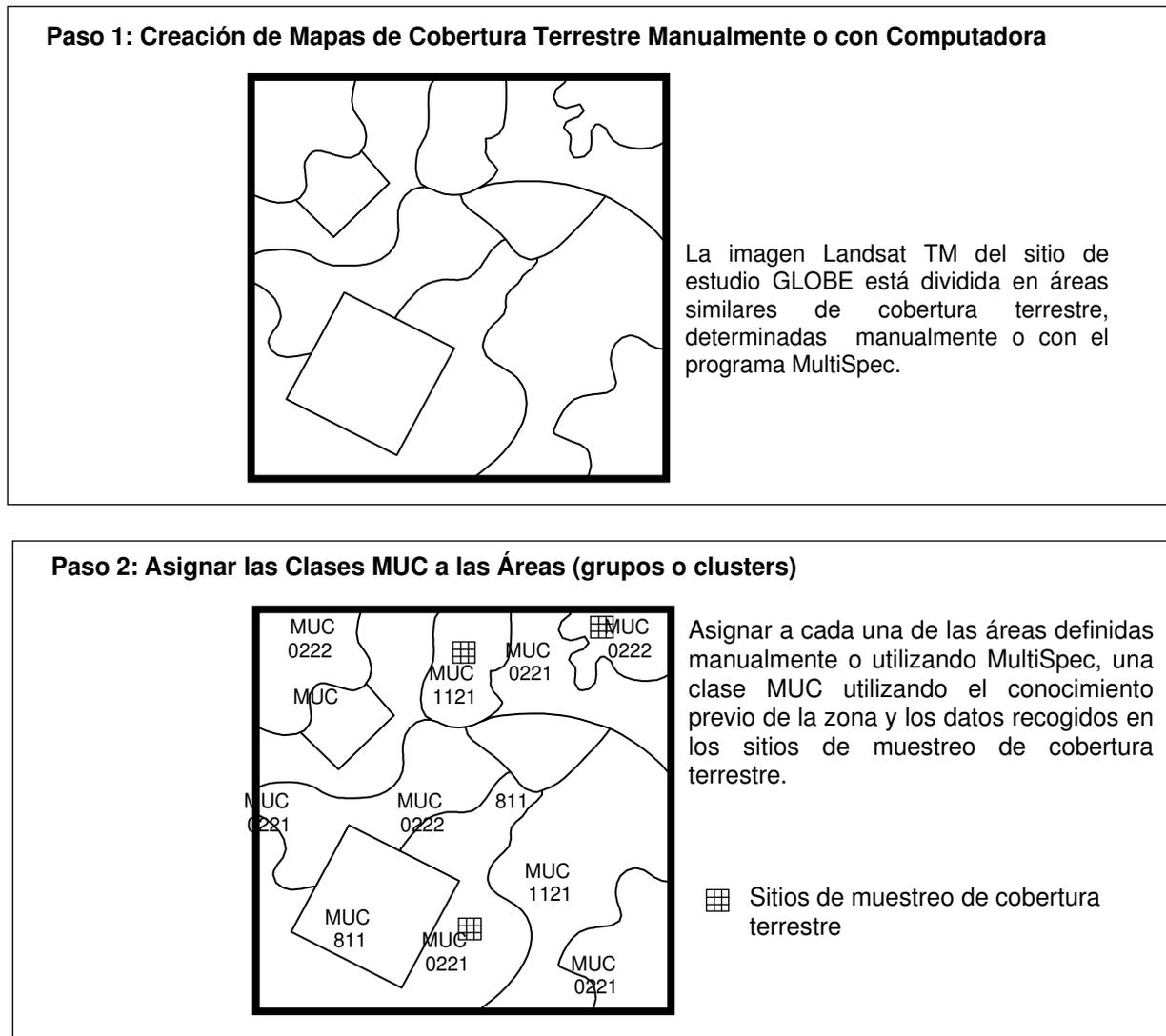
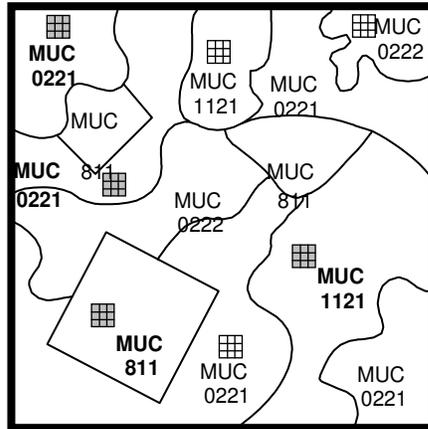


Figura CT-I-5: Diagrama de Proceso de Evaluación de la Exactitud (continuación)

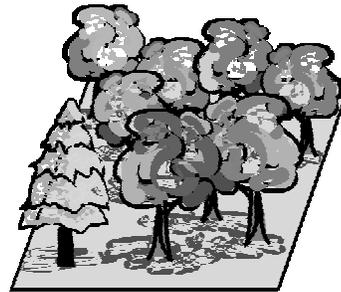
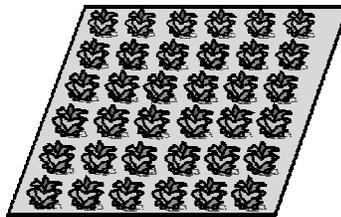
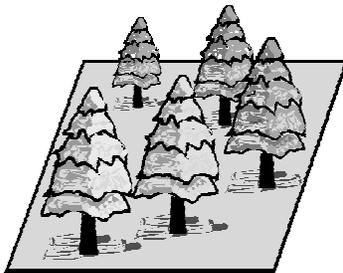
### Paso 3: Recogida de Datos de Validación



Una vez realizado el mapa de cobertura, recoger datos de validación en sitios de muestreo de cobertura terrestre adicionales para evaluar la exactitud del mapa de clasificación.

A lo largo del tiempo, observar y medir tantos sitios de validación como sea posible para cada uno de los tipos de cobertura terrestres de la zona.

-  Sitios de muestreo de cobertura terrestre
-  Sitios de muestreo de validación de la cobertura terrestre



### Paso 4: Evaluar la Exactitud del Mapa

#### Datos de Validación

|                | MUC 0221 | MUC 0222 | MUC 1121 | MUC 811 | Total Filas |
|----------------|----------|----------|----------|---------|-------------|
| MUC 0221       |          |          |          |         | 1           |
| MUC 0222       | 1        |          |          |         | 1           |
| MUC 1121       |          |          |          |         | 1           |
| MUC 811        |          |          |          |         | 1           |
| Total Columnas | 2        | 0        | 1        | 1       | 4           |

Compilar los datos en la Hoja de Datos de Evaluación de la Exactitud, y usarla para construir una matriz de diferencia / error para comparar los datos del mapa de clasificación del alumnado con los datos de validación de los sitios de muestreo de cobertura terrestre.

A partir de la matriz de diferencia / error, calcular los porcentajes de evaluación de la exactitud para valorar la exactitud del mapa de cobertura terrestre.

$$\text{Exactitud total} = 3/4 \times 100 = 75\%$$

## *El Proceso de Creación de Mapas y de Evaluación de la Exactitud*

Figura CT-I-5 muestra los pasos lógicos para crear un mapa de tipos de cobertura terrestre y evaluar su exactitud. Existen dos opciones para crear mapas. La primera es crearlo a mano, a partir de copias impresas de las imágenes del satélite, siguiendo el *Protocolo de Creación de Mapas de Cobertura Terrestre Manualmente*. La segunda opción es crearlo con la computadora, a partir de la imagen del satélite digital, usando el programa MultiSpec y siguiendo el *Protocolo de Creación de Mapas de Cobertura Terrestre con el Ordenador*. Se recomienda empezar a recoger datos de los sitios de muestreo de cobertura terrestre antes de comenzar el proceso de creación de mapas. Las observaciones del alumnado de los sitios individuales son valiosas, incluso si no llegan a realizar un mapa de cobertura terrestre propio, ya que tanto científicos como alumnos de años siguientes, o los centros educativos cercanos, pueden usar estos datos para crear sus propios mapas de tipos de cobertura terrestre.

El proceso es el siguiente: (1) Elegir sitios de muestreo de cobertura terrestre representativos de varios tipos de cobertura terrestre. Elegir tantos como sea posible. Intentar tener, al menos, un sitio de muestreo representativo de cada tipo de cobertura terrestre que se observe en el sitio de estudio. (2) Crear un mapa de tipos de cobertura terrestre usando el sistema MUC. Utilizar bien el *Protocolo de Creación de Mapas de Cobertura Terrestre Manualmente* y copias impresas de las imágenes de satélite, o bien el *Protocolo de Creación de Mapas de Cobertura Terrestre con la Computadora*, el programa procesador de imágenes MultiSpec y la imagen digital. Utilizar los sitios de muestreo como ayuda en la creación del mapa. (3) Elegir sitios de muestreo adicionales, tantos como sea posible. (4) Evaluar la exactitud del mapa de tipos de cobertura terrestre, comparando el mapa creado con los sitios de muestreo de cobertura terrestre que no se han utilizado para crear el mapa.

# Consideraciones de Implementación

## *Secuenciación, Interconexiones e Interdependencia de las Actividades de Aprendizaje y los Protocolos*

Para obtener datos para la realización del Protocolo principal, el *Protocolo del Sitio de muestreo de cobertura terrestre*, el alumnado debe ser capaz de realizar otros protocolos- el *Protocolo de Biometría* y el *Protocolo de GPS*. Además, el alumnado debe ser capaz de usar el sistema MUC para clasificar la cobertura terrestre, medir por pasos de forma correcta, utilizar una brújula, así como construir y saber usar un densímetro y un clinómetro de forma adecuada. Se recomienda seguir el orden que se muestra a continuación para implementar de forma efectiva la *Investigación de la Cobertura Terrestre/Biología*. Observar que las *Actividades de Aprendizaje previas al Protocolo* son necesarias para asegurarse de que el alumnado se familiariza con los conceptos y destrezas necesarias para llevar a cabo los protocolos.

|    |   |   |
|----|---|---|
| 1  | <i>Familiarización con las Imágenes Satelitales y Actividad de Aprendizaje Sitio de estudio GLOBE</i>   | Prep. Investigación, muy recomendable   |
| 2  | <i>Medir por Pasos y Brújula (Ver Instrumentos de Investigación)</i>  | Prep. Protocolo.                        |
| 3  | <i>Protocolo de GPS (Ver Investigación GPS)</i>   | Protocolo incluido                      |
| 4  | <i>Construir y practicar con el Clinómetro y el Densímetro, y aprender a usar y a leer una cinta métrica (Ver Instrumentos de Investigación)</i>  | Prep. Protocolo.                        |
| 5  | <i>Actividad de Aprendizaje: Observación del Sitio</i>  | Recomendado                             |
| 6  | <i>Protocolo de Biometría</i>   | Protocolo incluido                      |
| 7  | <i>Actividad de Aprendizaje de Clasificación de Hojas</i>   | Pre-Protocolo, muy recomendable         |
| 8  | <i>Practicar con el Sistema MUC</i>   | Destreza incluida                       |
| 9  | <i>Con las habilidades anteriores el alumnado debería ser capaz de realizar el Protocolo de Sitio de Muestreo de la Cobertura Terrestre.</i>  |   |
| 10 | <i>Actividad de Aprendizaje: Odisea de los Ojos</i>   | Pre-Protocolo, muy recomendable         |
| 11 | <i>Clasificación Manual: Tutorial de la Imagen de Beverly, MA, O Introducción al Programa MultiSpec y Tutorial de Clasificación no Supervisada (Ver el CD de MultiSpec).</i>  | Prep. Protocolo, muy recomendable.      |
| 12 | <i>Después de realizar, al menos, un Protocolo del Sitio de Muestreo de Cobertura Terrestre, el alumnado debería llevar a cabo bien el Protocolo de Creación de Mapas de Cobertura Terrestre Manualmente o el Protocolo de Creación de Mapas de Cobertura Terrestre con el Ordenador.</i> |   |
| 13 | <i>Recoger más datos de sitios de muestreo de cobertura terrestre</i>   |   |
| 14 | <i>Actividad de Aprendizaje: Evaluación de la Exactitud de los Picos de las Aves</i>  | Pre-Protocolo, muy recomendable         |
| 15 | <b>Realizar una Evaluación de la Exactitud de los Mapas de Tipos de Cobertura Terrestre</b>   |   |
| 16 | <i>Tutorial de Detección de Cambios</i>   | Pre-Protocolo, muy recomendable         |
| 17 | <i>Protocolo de Detección de cambios</i>  | Culminación de la investigación         |
| 18 | <i>Actividad de Aprendizaje: Descubriendo un Área</i>   | Actividad de aprendizaje Post-Protocolo |
| 19 | <i>Actividad de Aprendizaje: Utilización de Datos GLOBE para Analizar la Cobertura Terrestre</i>  | Actividad de aprendizaje Post-Protocolo |

# PROTOCOLOS



## ***Selección y Organización del Sitio de Muestreo***

El alumnado selecciona un sitio homogéneo de 90 m x 90 m para llevar a cabo el Protocolo del Sitio de Muestreo de Cobertura Terrestre, y prepara el sitio para realizar las mediciones.

## ***Instrumentos de Investigación***

El alumnado aprende a usar el sistema MUC, a fabricar y aprender a usar el densímetro y el clinómetro. También utiliza la cinta métrica y a determinar su paso. Esto se puede realizar como una única actividad o por separado. El alumnado debería también repasar cómo usar la brújula. Las instrucciones de uso de la brújula se pueden encontrar en la Investigación con GPS.

## ***Protocolo del Sitio de Muestreo de Cobertura Terrestre***

El alumnado localiza, fotografía y determina la clase MUC para áreas de cobertura terrestre homogéneas de 90 m x 90 m.

## ***Protocolo de Biometría***

El alumnado determina las propiedades de la vegetación e identifica las especies para clasificar la cobertura terrestre utilizando el Sistema MUC. Asimismo, recopilainformación adicional sobre el sitio.

## ***Protocolo de Creación de Mapas de Cobertura Terrestre Manualmente***

El alumnado señala y nombra las diferentes áreas de cobertura terrestre que se distinguen en su imagen Landsat TM para crear un mapa de cobertura terrestre.

## ***Protocolo de Creación de Mapas de Cobertura Terrestre con el Ordenador\****

El alumnado utiliza MultiSpec para realizar clasificaciones no supervisadas de su imagen Landsat TM, y después asigna a cada grupo de píxeles creado, una clase MUC para crear un mapa de cobertura terrestre.

## ***Protocolo de Detección de Cambios en la Cobertura Terrestre\****

Utilizando MultiSpec, el alumnado compara dos imágenes de su sitio de estudio GLOBE, una del año 1990 y otra del año 2000, para determinar cómo ha cambiado la cobertura terrestre en este periodo de tiempo.

## ***Protocolo de Combustible Vegetal\****

El alumnado realiza mediciones adicionales de combustible vegetal en los sitios de muestreo de cobertura terrestre

\* Ver la versión de la *Guía del Profesor GLOBE*, disponible en la Web de GLOBE y en CD-ROM

# Selección y Organización del Sitio de Muestreo



## Visión General

Se elegirán varios sitios de muestreo de cobertura terrestre dentro del sitio de estudio GLOBE de 15 Km x 15 Km. Estos sitios de muestreo servirán para realizar mediciones de cobertura terrestre. Se necesitarán estas mediciones para crear el mapa de tipos de cobertura terrestre. Preferiblemente se debería tener, al menos, un sitio de muestreo por cada clase de cobertura terrestre que se observe en el sitio de estudio. Se necesitarán datos de sitios de muestreo adicionales para realizar una evaluación de la exactitud del mapa de cobertura terrestre que se cree. Se puede también decidir tener sitios de muestreo adicionales cuando no se esté seguro de la cobertura terrestre en un lugar determinado. Algunos de estos sitios sólo se visitarán una sola vez. En otros sitios puede quererse estudiar los cambios en el desarrollo vegetal a lo largo de las estaciones, por lo que se tendrían que visitar frecuentemente. A continuación se proporcionan instrucciones de cómo seleccionar y organizar estos sitios de muestreo.

## Instrucciones

**TODOS los sitios de muestreo de cobertura terrestre dentro del sitio de estudio GLOBE deben cumplir las características siguientes:**

- Homogeneidad – la misma clase MUC en todo su ámbito.
- 90 m x 90 m de tamaño.
- Orientados en las direcciones de los puntos cardinales. Ver *Cómo Preparar el Sitio de Muestreo de Cobertura Terrestre*.

**Todo los sitios se deben visitar al menos una vez, pero se pueden visitar varias veces durante diferentes épocas del año, o en diferentes años, para estudiar las variaciones en la biomasa a lo largo del tiempo.**

Por ejemplo, en vez de hacer mediciones sólo UNA VEZ durante el máximo desarrollo, se pueden realizar DOS veces al año, cada año. Estas visitas semianuales se deben efectuar una vez en el máximo crecimiento y una vez durante el mínimo de actividad (verano/invierno, estación lluviosa/estación seca, etc.). Si no existen diferencias estacionales de temperatura o de precipitación, realizar mediciones sólo una vez al año.

Se deberían marcar de manera permanente los árboles y arbustos que se midan, ya que se medirán los mismos cada vez. Cuando se introduzcan los datos, hay que asegurarse de introducir la altura y la circunferencia de los árboles y arbustos en el mismo orden cada vez. De esta manera, se describirán el crecimiento/variaciones en el mismo árbol/arbusto cuando se envíen los datos.

### ***Cómo Preparar el Sitio de Muestreo de Cobertura Terrestre***

Seleccionar un área homogénea de 90 m x 90 m. Usar las imágenes Landsat TM y/o los conocimientos del lugar como ayuda para localizar sitios candidatos, áreas homogéneas que poseen la misma clase MUC en todo su entorno. Para determinar si el sitio tiene al menos 90 m x 90 m en las direcciones cardinales, medir por pasos

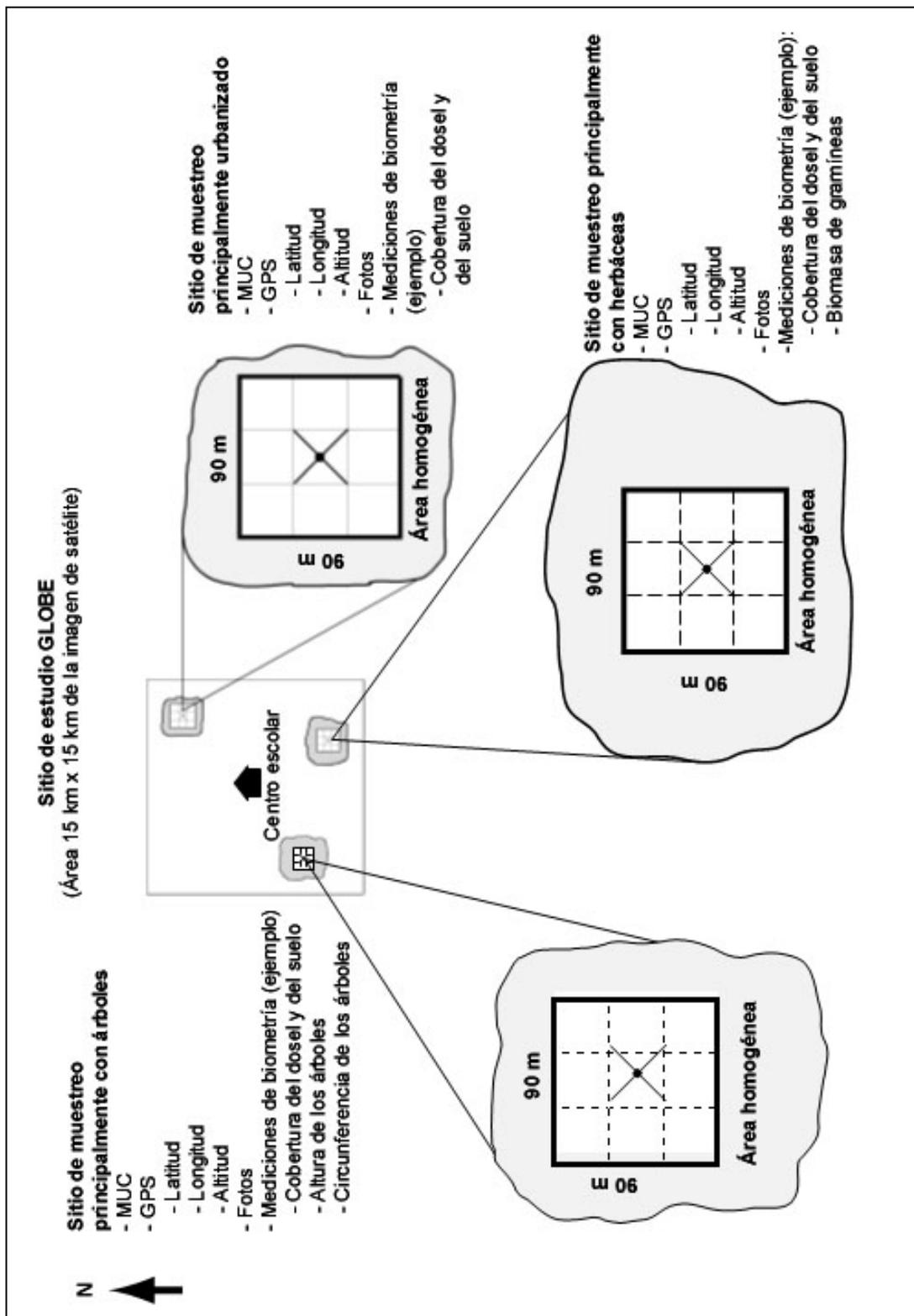


Figura CT-SS-1: Tipos de Sitios de Cobertura Terrestre GLOBE y Ejemplo de Mediciones a Realizar

(ver *Midiendo por Pasos en Instrumentos de Investigación*) 90 m desde una de las esquinas del sitio, en dos direcciones, bien al Norte o al Sur, y bien al Este y al Oeste. Esto dará una estimación de donde se encuentran otras dos esquinas. Calcular donde está la cuarta esquina. Si toda el área es homogénea, el sitio es adecuado. (Por ejemplo, si un área de 30 m x 30 m en un sitio arbolado posee menos del 40% de cobertura vegetal, el sitio no es homogéneo.)

Dar un nombre al sitio. Debería ser único e identificar el sitio sin lugar a dudas.

**Nota:** Es posible que zonas que parecen iguales en la imagen Landsat no sean homogéneas y no tengan la misma clase MUC en todo el sitio. Se debe hacer la determinación final en el sitio.

### **Cómo Realizar las Mediciones de Biometría**

Una vez establecido el sitio de estudio en un área homogénea de 90 m x 90 m, alineado en las direcciones cardinales (N, S, E y W), se necesitará determinar el Nivel 1 de la clase MUC. Las mediciones de biometría se realizan en el píxel central de 30 m x 30 m del sitio de muestreo de cobertura terrestre de 90 m x 90 m. El alumnado puede realizar algunas mediciones de biometría mientras camina por la(s) diagonal(es) del píxel central.

**El número y tipos de mediciones de biometría están determinados por la información que se necesite para clasificar el sitio hasta el nivel más detallado del sistema MUC.** Ver Figura CT-SS-1 para ver ejemplos de qué mediciones pueden ser apropiadas en tipos específicos de sitios de cobertura terrestre. La cobertura vegetal y del suelo debería medirse casi siempre en un sitio natural. Estas mediciones ayudarán a determinar el Nivel 1 de clase MUC. La identificación de especies de árboles y arbustos, así como la altura de árboles, arbustos y / o gramíneas, ayudará a determinar niveles más detallados de clase MUC. Las circunferencias de árboles y arbustos y la biomasa de gramíneas son útiles para los científicos y para el alumnado cuando se estudian los cambios en la biomasa a lo largo del tiempo o en clasificaciones a partir de imágenes de satélite. Para más información ver el *Protocolo de Biometría*.

Si el sitio no es visible desde una carretera o camino, anotar la dirección relativa con la brújula, y el número de pasos necesarios para llegar a la

esquina o al centro del sitio desde la carretera o camino. Se puede marcar una esquina o el centro del sitio para futuras visitas, aunque esto no es necesario. Si por algún motivo se tuviera que volver más tarde, se debería marcar el centro del sitio de 90 m x 90 m para poder encontrarlo rápidamente.

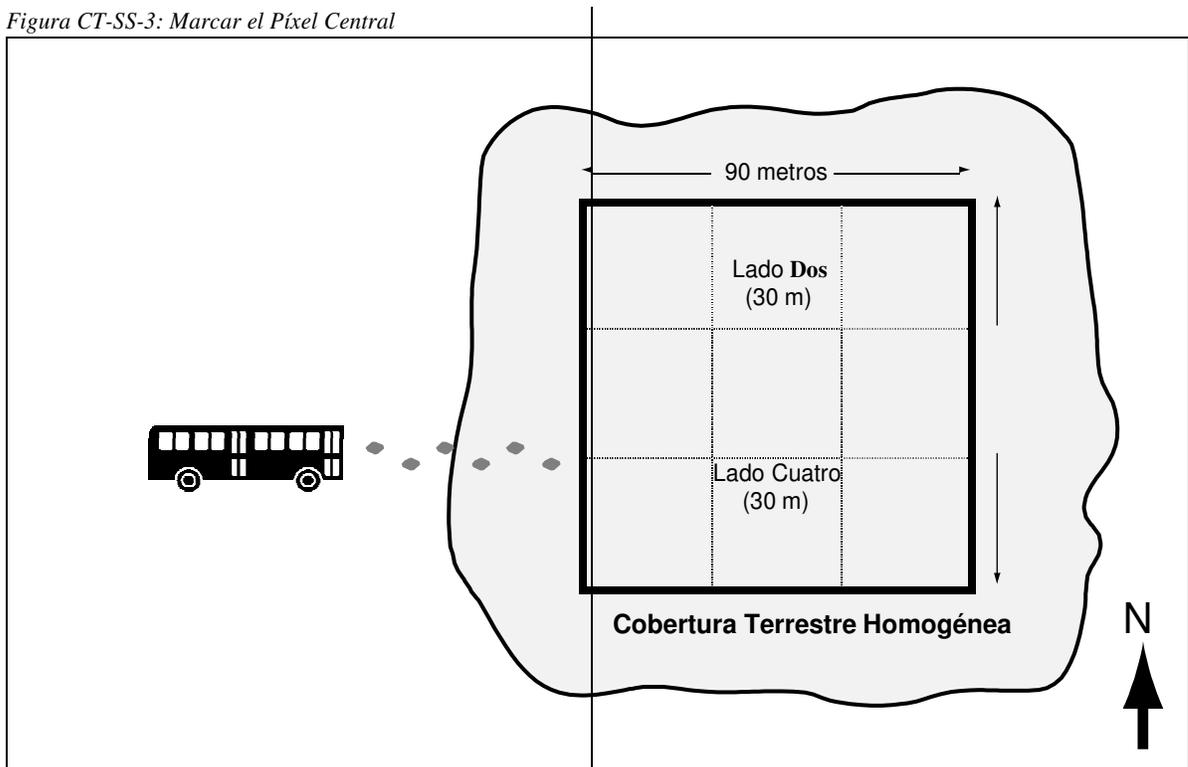
Realice las mediciones de biometría siguiendo el *Protocolo de Biometría*. Esto implicará lo siguiente:

- Marcar el centro del sitio de 90 m x 90 m, desde el que se realizarán las mediciones. Ver Figura CT-SS-2.
- Dividir al alumnado en cuatro grupos. Asignar a cada grupo una dirección, siguiendo una diagonal desde el centro, para que realicen mediciones de cobertura vegetal y del suelo. Con una brújula, asignar a cada grupo las direcciones siguientes:  
NE (45°), SE (135°), SW (225°), y NW (315°)
- Cada diagonal mide 42,4 m, por lo que cada grupo debería recorrer media diagonal, es decir, 21,2 m.
- Si se considera oportuno, colocar marcadores en cada esquina.
- Recopilar los datos de cada grupo para elegir la clase final MUC, y enviar los datos a GLOBE.

Datos de validación

|                      | MUC 71   | MUC 811  | MUC 92   | MUC 0222 | MUC 1222 | MUC 91   | MUC 93   | MUC 824  | MUC 4223 | Total Filas |
|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------------|
| MUC 71               |          |          |          |          |          |          |          |          |          | 1           |
| MUC 811              |          |          |          |          |          |          |          |          |          | 4           |
| MUC 92               |          |          |          |          |          |          |          |          |          | 3           |
| MUC 0222             |          |          |          |          |          |          |          |          |          | 2           |
| MUC 1222             |          |          |          |          |          |          |          |          |          | 1           |
| MUC 91               |          |          |          |          |          |          |          |          |          | 2           |
| MUC 93               |          |          |          |          |          |          |          |          |          | 2           |
| MUC 824              |          |          |          |          |          |          |          |          |          | 0           |
| MUC 4223             |          |          |          |          |          |          |          |          |          | 0           |
| <b>Total Columna</b> | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>2</b> | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>1</b> | <b>15</b>   |

Figura CT-SS-3: Marcar el Píxel Central



Si se puede pasar más tiempo en el campo, o si se quieren practicar las mediciones de pasos o adquirir mayor destreza en el uso de la brújula, existe otra forma para marcar el píxel central del sitio de muestreo de cobertura terrestre de 90 m x 90 m. Ver Figura CT-SS-3.

- Situar un marcador donde se quiera que esté una esquina del píxel central.
  - Usar la brújula y la cinta métrica para desplazarse 30 metros en una dirección cardinal (Norte, Sur, Este u Oeste). Colocar una segunda señal al final de este transecto. Esto determina un lado.
  - Desde el segundo punto, desplazarse 30 m perpendicularmente a ese lado. Situar otra marca al final del trayecto. Este es el lado número dos.
  - Desde el tercer punto, desplazarse otros 30 m perpendicularmente al lado dos y en paralelo al lado número uno. Colocar una cuarta marca. Ya se tiene el tercer lado.
- Desde esta cuarta marca desplazarse otros 30 m hacia la marca original. Si el trayecto termina a 2 o 3 metros de la marca original, se habrá conseguido hacer un muy buen trabajo. Si se está más lejos, comprobar las orientaciones de la brújula para cada lado, así como la longitud de cada lado, e intentarlo de nuevo.
  - Establecer el centro del área trazando las diagonales y situando una marca donde se cruzan las dos. Se pueden utilizar cuerdas para trazar las diagonales. Observar también que las dos diagonales deben ser de la misma longitud.

## **Preguntas Frecuentes**

### **1. ¿Qué sucede si el sitio de 90 m x 90 m no es homogéneo?**

Si se da esta circunstancia se necesitará encontrar otro sitio de 90 m x 90 m donde la cobertura terrestre sea homogénea en toda el área.

### **2. En la Guía del Profesor GLOBE de 1997 la Investigación de Cobertura Terrestre/Biología habla de sitios de muestreo cualitativo y cuantitativo y sitios de estudio de biología, pero no en esta versión. ¿Por qué? ¿Ha cambiado este capítulo?**

En esta versión de la *Guía del Profesor GLOBE*, se ha suprimido la terminología para los diferentes tipos de sitios de cobertura terrestre. En la versión de 1997 sólo se tomaban y enviaban datos de biometría únicamente de los sitios de muestreo cuantitativo de cobertura terrestre y de sitios de estudio de biología con bosque cerrado, zonas forestales y vegetación herbácea (MUC 0, 1, y 4). Ahora se pueden tomar datos de biometría de la mayoría de clases MUC. Depende del profesorado y alumnado decidir cuántos datos de biometría tomar. Se recomienda tomar datos de cobertura vegetal y del suelo a lo largo de las diagonales del área central de 30 m x 30 m del sitio de estudio 90 m x 90 m.

### **3. ¿Qué se debería hacer si ya se ha establecido un sitio de estudio de Biología, un sitio permanente de cobertura terrestre al que se vuelve cada año, pero no es un área homogénea de 90 m x 90 m ?**

Si el área alrededor del sitio de estudio de Biología es homogénea para el antiguo sitio de estudio de Biología se puede utilizar, simplemente expandir el área para que sea de 90 m x 90 m alrededor del área central. Éste será ahora un sitio de muestreo de cobertura terrestre. Se puede visitar repetidamente y hacer mediciones en él. Por otra parte, si el área alrededor del antiguo sitio de biología no es homogénea, los datos serán difíciles de comparar con las imágenes de satélite. Existe un margen de error en las lecturas del GPS, por lo que aunque se esté en el centro del sitio, la lectura podría situarle en cualquier lugar del área de 90 m x 90 m. Se necesitará encontrar otro sitio más apropiado, aunque se podría seguir usando el antiguo sitio de estudio de Biología para practicar.

### **4. ¿Qué se puede hacer en un área urbana?**

Se puede realizar la investigación completa. En un área urbana, la mayoría de los sitios serán artificiales en lugar de clases naturales. Esto es válido, por lo que se pueden elegir tantos sitios de muestreo de cobertura terrestre como se pueda. Esto es muy importante para los científicos, ya que los tipos de cobertura terrestre urbanizados son difíciles de distinguir en la imagen Landsat TM.



### **5. ¿Y si hubiera un lago en el área 90 m x 90 m?**

Si hubiera un lago o laguna en el área 90 m x 90m se estaría en un sitio no homogéneo, por lo que no sería válido. Habría que desplazarse y encontrar otro sitio, excluyendo el lago, para buscar que sea homogéneo.

### **6. ¿Y si existe un arroyo en el sitio?**

Si el río es tan pequeño (estrecho) que no altera la clase MUC de ningún área de 30 m x 30 m del sitio, no importa. Si no es así, trasladar el sitio para excluir el arroyo.

### **7. ¿Y si el sitio se encuentra en una propiedad privada?**

Si el sitio se encuentra en propiedad privada se debe pedir permiso antes de entrar en él.

### **8. ¿Qué se debe hacer si el sitio de muestreo de cobertura terrestre ha experimentado alguna variación catastrófica desde la última visita?**

En caso de que el sitio haya experimentado algún cambio catastrófico (por ejemplo, un incendio, un huracán, tornados, etc.), entre visitas, por favor describirlos en la sección de metadatos y realizar las mediciones de cualquier vegetación existente (árboles, vegetación gramínea). Los científicos están muy interesados en los ritmos de recuperación y sucesión en estos sitios. Si el área de 90 m x 90 m es homogénea, por favor llevar a cabo el *Protocolo del Sitio de Muestreo de Cobertura Terrestre*.

### **9. Existe un pequeño claro de unos de 10 m x 10 m de área en nuestro sitio de estudio arbolado. ¿Es este aún un sitio homogéneo?**

Sí, si el área de 30 m x 30 m que rodea el claro tiene la misma clase MUC que el resto del sitio.

# Instrumentos de Investigación

## Visión General

Antes de la recogida de datos de campo, hay que asegurarse de que se tiene todo el equipamiento necesario para los protocolos que se enumeran en las *Guías de Campo*. Algunos de los instrumentos utilizados en la *Investigación de Cobertura Terrestre/Biología* se pueden construir y/o necesitan algunas instrucciones especiales en cuanto a su uso. Esta sección detalla la construcción y uso de esos instrumentos, que incluye:

**A. El Sistema MUC** – Es el sistema de clasificación de cobertura terrestre utilizado por GLOBE. Para realizar una clasificación usando este sistema MUC se necesitará tener la *Tabla del Sistema MUC* (que se incluye más adelante en esta sección) y el *Glosario de Términos MUC* (que se encuentra en el *Apéndice* de este capítulo) o la *Guía de Campo MUC* (suministrada por GLOBE en un libro aparte). También se necesitará familiarizarse con el sistema y sus convenciones.

**B. Densímetro** – Instrumento utilizado para tomar medidas de la cobertura vegetal como parte de las mediciones de biometría descritas en el *Protocolo de Biometría*. Se necesitará construir y familiarizarse con el uso de los densímetros antes de realizar mediciones en el campo.

**C. Clinómetro** – Instrumento utilizado para medir la altura de los árboles como parte de las mediciones de biometría descritas en el *Protocolo de Biometría*. Se necesitará construir y familiarizarse con el uso antes de realizar mediciones de campo.

**D. Medir por pasos** - Técnica utilizada para medir distancias fácilmente durante la investigación. Es importante medir la longitud de los pasos y que familiarizarse con el uso de esta técnica de medida.

**E. Cinta métrica** – Utilizada mucho en la investigación de cobertura terrestre.

Al final de esta sección se encontrará *Evaluación de Instrumentos de Investigación*. Antes de ir al campo, usar esta evaluación para asegurarse de que se sabe utilizar el instrumento correctamente.

## A. El sistema MUC

### **MUC como Sistema de Clasificación**

La identificación o clasificación de la cobertura terrestre es uno de los principales objetivos de la *Investigación de Cobertura Terrestre/Biología*. Para que el alumnado, el profesorado y los científicos que utilizan datos GLOBE sepan exactamente qué tipo de cobertura terrestre hay en un sitio en cuestión, todos deben usar un mismo “lenguaje” en cuanto a cobertura terrestre. El Programa GLOBE utiliza el Sistema Modificado de Clasificación de la UNESCO (MUC), un sistema que sigue estándares internacionales y utiliza terminología de ecología para la identificación de tipos específicos de cobertura terrestre. El equipo de cobertura terrestre modificó un sistema de clasificación utilizado por la UNESCO (Organización Educativa, Científica y Cultural de las Naciones Unidas) añadiendo un tipo de cobertura terrestre para áreas urbanizadas y realizando otros pequeños cambios.

Todos los sistemas de clasificación, incluyendo el MUC, tienen cuatro características. Estas son:

1. Todos los sistemas de clasificación tienen identificadores, que son los títulos de las clases, y definiciones o reglas, que son los criterios que se aplican para decidir la clase correcta a la que pertenece un objeto.
2. Todos están dispuestos en una estructura *jerarquizada* (múltiples niveles de clases). A cualquier nivel de detalle, todas las distintas clases deberían englobarse en el nivel siguiente, menos detallado, y ser coherentes con la definición de ese nivel de clase.
3. Son totalmente *exhaustivos*, es decir, que existe una clase para cada dato u objeto.
4. Finalmente, cada clase es totalmente *excluyente*, es decir, que hay una y sólo una clase para cada uno de los datos u objetos.

Utilizando un sistema de clasificación estándar internacional todos los datos GLOBE se pueden compilar en un conjunto único de datos de cobertura terrestre regional o global. Este sistema de clasificación es una herramienta para situar todos los posibles tipos de cobertura de la Tierra en

en una única clase. Así, los datos de suelo se pueden recoger y ser utilizados para validar los datos tomados mediante teledetección, siguiendo los mismos protocolos científicos en todo el mundo. Este sistema de clasificación permite a los participantes GLOBE describir con toda exactitud la cobertura de cualquier punto de la Tierra utilizando los mismos criterios que el resto de participantes GLOBE. Para obtener información de los sitios de muestreo de cobertura terrestre se debe saber cómo utilizar el sistema MUC.

### **Organización del Sistema MUC**

Existen dos componentes del sistema MUC. Uno es la delimitación del sistema. La *Tabla del Sistema MUC*, (que se muestra más adelante) contiene la lista jerárquica de identificación de cada clase. El segundo es el *Glosario de Términos MUC* (se encuentra en el *Apéndice* de este capítulo), con reglas y definiciones. Estos dos componentes se combinan en la *Guía de Campo MUC*. Se pueden elegir utilizar la *Tabla del Sistema MUC* y el *Glosario de Términos MUC* o la *Guía de Campo MUC* para las clasificaciones. Se pueden usar ambos. Sin embargo, y sin importar cuál se elija, antes de clasificar cualquier tipo de cobertura terrestre es esencial comprobar siempre la definición de la clase de cobertura terrestre en cuestión que se cree que es la apropiada. Incluso si se cree saber

lo que es un Bosque Cerrado se deberá comprobar la definición, para confirmar que el sitio es, realmente, un Bosque Cerrado y no una Zona Arbolada.

El Sistema MUC posee una estructura jerárquica, con 10 clases de nivel 1. Estas clases son muy generales y fácilmente identificables. Se debe seleccionar una clase MUC única para identificar un tipo de cobertura terrestre de cada nivel MUC, comenzando por el nivel 1. Dentro de cada clase de nivel 1 existen de dos a seis clases de nivel 2 más detalladas. Las clases del nivel 2 son todavía fáciles de distinguir y muy generales. Los niveles 3 y 4 son comunidades más específicas o asociaciones de vegetación. La estructura jerárquica del sistema MUC simplifica el proceso de clasificación. En cada nivel la elección está restringida a aquellas clases que se encuentren en la clase que se ha seleccionado en el nivel anterior. Así, mientras todo el sistema MUC contiene más de 150 clases, en cada elección sólo existen de tres a seis tipos de cobertura terrestre

Para llevar a cabo la *Investigación de Cobertura Terrestre/Biología* es necesario empezar identificando la clase de nivel 1 de cada sitio homogéneo de muestreo de cobertura terrestre. Cada clase de nivel 1 es general y se puede identificar calculando el porcentaje de cobertura vegetal y del suelo del tipo de cobertura terrestre dominante en el sitio de muestreo.

*Tabla CT-SS-1: Clases MUC de Nivel 1*

| <b>MUC Código</b> | <b>Clases MUC de Nivel 1</b>   | <b>Cobertura Precisa</b>  |
|-------------------|--------------------------------|---|
| 0                 | Bosque Cerrado                 | >40% árboles, al menos de 5 metros de alto, con las copas tocándose |
| 1                 | Zona Arbolada                  | >40% árboles, al menos de 5 metros de alto, no se tocan las copas   |
| 2                 | Zona Arbustiva o de Matorral   | >40 % arbustos o matorrales, entre 0,5 m. y 5 m. de altura          |
| 3                 | Arbustos Enanos o Subarbustivo | >40% por debajo de 0,5 m de altura                                  |
| 4                 | Vegetación Herbácea            | >60% plantas herbáceas, hierba, y otras (de hoja ancha)             |
| 5                 | Suelo Desnudo                  | <40% cobertura vegetal  |
| 6                 | Humedales                      | >40% cobertura vegetal, incluye pantanos, marismas.                 |
| 7                 | Cuerpos de Agua                | >60% de cuerpos de agua   |
| 8                 | Zona de Cultivo                | >60% especies agrícolas   |
| 9                 | Urbano                         | >40% cobertura urbana (construcciones, áreas asfaltadas)            |

Generalmente, el porcentaje de cobertura se puede estimar visualmente. Algunas veces será preciso realizar mediciones de la cobertura dominante para determinar con exactitud el nivel 1 de clase MUC. El procedimiento para estas mediciones se encuentra en el *Protocolo de Biometría*. La Tabla CT-II-1 muestra las 10 clases MUC de nivel 1. Una vez la clase MUC de nivel 1 se ha seleccionado, ya sólo se deberán considerar las clases MUC de nivel 2 asociadas. El mismo proceso se sigue para los niveles 3 y 4. Es esencial comprobar la definición de cada clase para asegurarse de que se escoge la clase correcta.

### **Utilización del Sistema MUC**

#### *Uso del Glosario de Términos MUC y de la Tabla de la Guía del Profesor*

Al clasificar la cobertura terrestre utilizando el sistema MUC, siempre se comienza por las clases más generales (nivel 1), y se continúa secuencialmente a las clases más específicas (niveles altos). Hay 10 clases de nivel 1 en el MUC. Ocho de ellas son coberturas naturales, y dos son artificiales.

Las clases MUC de nivel 1 incluyen Bosque Cerrado, Monte Alto, y Urbano. En el nivel 2, dentro del Bosque Cerrado, están los principalmente perennes, los principalmente caducifolios, y los extremadamente xeromórficos (secos). Estas clases de nivel 2 son más detalladas que el nivel 1, Bosque Cerrado, y se pueden agrupar en ella. En otras palabras, cualquier miembro de una clase de nivel 2, pertenece siempre a una clase de nivel 1. Ver la Tabla CT-II-2. Esta tabla una versión resumida del MUC, en la que se muestran sólo las clases de los niveles 1 y 2.

El sistema MUC posee hasta 4 niveles de clases dispuestas jerárquicamente. Cada nivel superior contiene propiedades más específicas de cobertura terrestre. Los códigos de las clases MUC tienen hasta 4 dígitos que se asocian con cada clase MUC, con un dígito para cada nivel. Ver la Tabla CT-II-3.

### *Clasificación de la Cobertura Terrestre Utilizando la Tabla del Sistema MUC y el Glosario de Términos MUC*

- Observar el sitio de cobertura terrestre y leer las definiciones para las 10 clases de nivel 1. Escoger la que mejor describa el sitio. Si es necesario, realizar mediciones de la altura de la vegetación, cobertura vegetal y del suelo, e identificar la vegetación dominante y codominante, para decidir qué clase de nivel 1 es la que mejor se ajusta. Ver las Guías de Campo del *Protocolo de Biometría*.
- Una vez que elegida la clase de nivel 1, leer las definiciones de las clases de nivel 2 entre las que se tiene que elegir. Si ninguna de las definiciones parece adecuada, retroceder y volver a plantearse el nivel 1.
- Escoger la clase del nivel 2 que mejor describa la cobertura terrestre del sitio. Puede ser necesario realizar mediciones de biometría y volver a leer las definiciones.
- Una vez que se ha seleccionado la clase de nivel 2, leer las definiciones de las clases de nivel 3 entre las que se tiene que elegir. Si ninguna de las definiciones parece adecuada, plantearse de nuevo la elección de la clase de nivel 2. Si no hay opciones para el nivel 3, ya se habrá terminado.
- Escoger la clase de nivel 3 que mejor describa el sitio de cobertura terrestre. Puede que se necesite realizar mediciones de biometría, y volver a leer las definiciones.
- Una vez que seleccionada la clase de nivel 3, leer las definiciones de las clases de nivel 4 entre las que se tiene que elegir. Si ninguna de las definiciones parece adecuada, volver de nuevo a las clases de nivel 3. Si no se tiene que elegir el nivel 4, ya se habrá terminado.
- Anotar la clase MUC (hasta 4 dígitos) en el sitio adecuado de la *Hoja de Datos*.

Tabla CT-II-2: MUC Nivel 1 y 2

|                            | <b>Nivel 1</b>                     | <b>Nivel 2</b>   |
|----------------------------|------------------------------------|--|
| <b>Cobertura Natural</b>   | 0 Bosque Cerrado                   | 01 Principalmente Perenne<br>02 Principalmente Caducifolio<br>03 Extremadamente Xeromórfico (Seco)   |
|                            | 1 Monte alto                       | 11 Principalmente Perenne<br>12 Principalmente Caducifolio<br>13 Extremadamente Xeromórfico (Seco)   |
|                            | 2 Monte bajo                       | 21 Principalmente Perenne<br>22 Principalmente Caducifolio<br>23 Extremadamente Xeromórfico (Subdesértico) Arbustos o Matorral                           |
|                            | 3 Arbustos Enanos o Matorral Enano | 31 Principalmente Perenne<br>32 Principalmente Caducifolio<br>33 Extremadamente Xeromórfico (Subdesértico) Arbustos Enanos o Matorral Enano<br>34 Tundra |
|                            | 4 Vegetación herbácea              | 41 Gramíneas Altas<br>42 Gramíneas de talla media<br>43 Gramíneas de Talla Corta<br>44 Otras herbáceas   |
|                            | 5 Suelo desnudo                    | 51 Planicies Salinas Secas<br>52 Zonas arenosas<br>53 Roca desnuda<br>54 Llanuras de nieve permanente<br>55 Glaciares<br>56 Otros                        |
|                            | 6 Humedales                        | 61 Ribereños<br>62 Palustres<br>63 de estuarios<br>64 Lacustres  |
|                            | 7 Cuerpos de Agua                  | 71 Agua dulce<br>72 Marina   |
| <b>Cobertura antrópica</b> | 8 Tierra Cultivada                 | 81 Agricultura<br>82 No agricultura  |
|                            | 9 Urbana                           | 91 Residencial<br>92 Comercial e Industrial<br>93 Transporte<br>94 Otros   |

### *Cómo Usar la Guía de Campo MUC*

La *Guía de Campo MUC* está diseñada para servir como guía en la elección de niveles MUC, desde el más general (nivel 1) hasta el más específico. Los niveles más detallados serán el 2, 3 ó 4, dependiendo de la clase de cobertura terrestre. En cada nivel, se formularán una o más cuestiones sobre el sitio o se proporcionará una lista de opciones entre las que se elegirá la que mejor describa el sitio. La elección o respuesta a una pregunta (habitualmente SI o NO) llevará a la siguiente, hasta que, finalmente, se alcance el nivel más específico MUC del sitio. Cuando se haya alcanzado el nivel más detallado, aparecerá “TERMINADO”.

Cada clase dentro de cada nivel posee un único identificador o código numérico. La clasificación se identificará con una serie de números. En la *Guía de Campo MUC* se da la definición del *Glosario de Términos MUC* para cada nivel MUC. Las preguntas descritas anteriormente y las definiciones están descritas en la parte izquierda de la página. En la parte derecha de la página, junto con las aclaraciones de las palabras utilizadas al definir la clase MUC, pueden haber algunas notas para ayudarle a realizar la elección. En toda la guía hay intercalados dibujos que ayudarán a entender mejor los tipos de vegetación y las reglas utilizadas en el Sistema MUC. Al final de esta Guía se incluye una tabla que muestra todas las clases MUC.

### **Consejos Útiles**

- El alumnado debería remitirse a las definiciones de la *Guía de Campo MUC* o al *Glosario de Términos MUC* para determinar la clase MUC de un área.
- Distinguir entre clases MUC requiere mediciones cuantitativas del porcentaje del sitio que está cubierto por diferentes tipos de vegetación y/o la altura de la vegetación dominante. Se puede identificar la clase MUC correcta usando las mediciones que se encuentran en el *Protocolo de Biometría*.
- Para clasificar una cobertura terrestre se puede utilizar la *Guía de Campo MUC* o el *Glosario de Términos MUC* junto con la *Tabla del Sistema MUC*.
- Para simplificar la *Tabla del Sistema MUC* y el *Glosario de Términos MUC* para el alumnado, algunos profesores los han modificado, eliminando algunas de las alternativas más improbables, es decir, glaciares, y aguas salobres, en una zona desértica interior; bosques xeromórficos (extremadamente secos) en un entorno muy húmedo, etc.

| Tabla CT - SS - 3: Tabla del sistema MUC            |                                      | NOTAS Y EJEMPLOS  |   |  |  |
|---|--------------------------------------|---|---|--|--|
| NIVEL 1   | NIVEL 2                              | NIVEL 3   | NIVEL 4                                     |  |  |
| Cobertura Natural                                   | Principalmente Perennifolio          | 0 Bosque cerrado  | 0111 Tierras bajas                          | Costa Rica: vertiente atlántica<br>Costa Rica: Sierra de Talamanca<br>Barro Colorado, Montecristians |  |
|   |                                      |   | 0112 Submontano                             |  |  |
|   |                                      |   | 0113 Montano                                |  |  |
|   |                                      |   | 0114 Subalpino                              |  |  |
|   |                                      |   | 0115 Nival                                  |  |  |
|   |                                      |   | 012 Tropical y subtropical estacional       | 0121 Tierras bajas   | Casta spp.   |
|   |                                      |   | 0122 Submontano                             |  |  |
|   |                                      |   | 0123 Montano                                |  |  |
|   |                                      |   | 0124 Subalpino                              |  |  |
|   |                                      |   | 013 Tropical y subtropical Semi-caducifolio | 0131 Tierras bajas   | Queensland, Australia, y Tatar   |
|   |                                      |   | 0132 Montano y nival                        |  |  |
|   |                                      |   | 014 Subtropical húmedo                      | 0141 Tierras bajas   |  |
|   |                                      |   | 0142 Submontano                             |  |  |
|   |                                      |   | 0143 Montano                                |  |  |
|   |                                      |   | 0144 Subalpino                              |  |  |
|   |                                      |   | 0145 Nival                                  |  |  |
|   |                                      |   | 015 Templado o Subpolar húmedo              | 0151 Templado  | Costa chilena  |
|   |                                      |   | 0152 Subpolar                               |  |  |
|   |                                      |   | 016 Templado con caducifolio de hoja ancha  | 0161 Tierras bajas   | Eucaliptus regnans, E. diversicolor<br>EE.UU.: bosque de roble de California |
| 0162 Submontano                                     |                                      |   |   |  |  |
| 0163 Montano  |                                      |   |   |  |  |
| 0164 Subalpino                                      |                                      |   |   |  |  |
| 017 Esclerófilas de hoja ancha de invierno lluvioso | 0171 Tierras bajas y Submontano >50m | Pinus spp. bosque de Honduras y Nicaragua<br>Pinus spp. bosque de Filipinas y del sur de Méjico                   |   |  |  |
| 0172 Tierras bajas y Submontano <50m                |                                      |   |   |  |  |
| 018 Tropical y subtropical de hoja acicular         | 0181 Tierras bajas y Submontano      | Sequoia y Pseudotsuga spp. Pacífico O. de N. América<br>Pinus spp.<br>Picea y Abies spp.<br>Boreal, ramas cortas. |   |  |  |
| 0182 Montano y Subalpino                            |                                      |   |   |  |  |
| 019 Templado y subpolar Hoja acicular               | 0191 Gigante (>50m)                  |   |   |  |  |
| 0192 Copas redondas irregulares                     |                                      |   |   |  |  |
| 0193 Copas cónicas                                  |                                      |   |   |  |  |
| 0194 Copas cilíndricas                              |                                      |   |   |  |  |

Tabla CT - SS - 3. Tabla del sistema MUC (continuación)

| NIVEL 1                  |                              | NIVEL 2                    |      | NIVEL 3  |      | NIVEL 4  |      | NOTAS Y EJEMPLOS                          |  |
|--------------------------|------------------------------|----------------------------|------|--|------|--|------|---|--|
| <i>Cobertura Natural</i> |                              |                            |      |  |      |  |      |   |  |
| 0                        | Bosque cerrado               | Principalmente caducifolio | 021  | Tropical y subtropical Caducifolio-seco        | 0211 | Tierras bajas con Hoja ancha y Submontano          | 0212 | Montano y nival                           | Noroeste de Costa Rica<br>Norte de Perú  |
|                          |                              |                            | 022  | Caducifolio-frio con perennifolios             | 0221 | Hoja ancha con árboles perennifolios y enredaderas | 0222 | Con árboles caducifolios de hoja acicular | Oeste de Europa: <i>Ilex aquifolium</i> , <i>Hedera helix</i><br>Norte América: <i>Magnolia</i> spp.<br>Noroeste de EE.UU.: bosque de arce |
|                          |                              |                            | 033  | Caducifolio - frio con árboles de hoja perenne | 0331 | Tierras bajas templadas y Submontano hoja ancha    | 0332 | Montano y boreal                          |  |
|                          |                              |                            | 0333 | Subalpino y Subpolar                           |      |  |      |   | Zonificación en las zonas arboladas  |
|                          |                              |                            | 03   | Extremadamente Xeromórfico (Seco)              | 031  | Dominado por esclerófilas                          | 032  | Dominado por espinosas                    |  |
|                          |                              |                            |      |  | 0321 | Mezcla caducifolio - perennifolio                  | 0322 | Totalmente caducifolio                    |  |
|                          |                              |                            | 033  | Principalmente suculentas                      |      |  |      |   |  |
| 1                        | Principalmente perennifolios |                            | 111  | Hoja ancha                                     |      |  |      |   |  |
|                          |                              |                            | 112  | Hoja acicular                                  | 1121 | Copas redondas irregulares                         | 1122 | Copas cónicas                             | <i>Pinus</i> spp.<br>Principalmente subalpino  |
|                          |                              |                            |      |  | 1123 | Copas cilíndricas                                  |      |   | Regiones boreales: <i>Picea</i> spp.   |
|                          |                              |                            | 12   | Caducifolios secos                             | 121  | Tierras bajas con Hoja ancha y Submontano          | 1211 | Montano y nival                           |  |
|                          |                              |                            |      |  | 122  | Con árboles de hoja perenne y ancha y enredaderas  | 1221 | Con árboles de hoja perenne acicular      |  |
|                          |                              |                            |      |  | 123  | Caducifolios frios sin árboles perennifolios       | 1231 | Hoja ancha                                |  |
|                          |                              |                            |      |  |      |  | 1232 | Hoja acicular                             |  |
|                          |                              |                            |      |  |      |  | 1233 | Mezcla                                    |  |
|                          |                              |                            | 13   | Extremadamente Xeromórfico (seco)              | 131  | Dominado por esclerófilos                          | 132  | Dominado por espinosas                    |  |
|                          |                              |                            |      |  | 1321 | Mezcla caducifolio - perennifolio                  | 1322 | Totalmente caducifolio                    |  |
|                          |                              |                            | 133  | Principalmente suculentas                      |      |  |      |   |  |

Tabla CT - SS - 3: Tabla del sistema MUC (continuación)

| NIVEL 1                                     | NIVEL 2  | NIVEL 3  | NIVEL 4   | NOTAS Y EJEMPLOS   |   |
|---|--|--|---|--|---|
| Cobertura Natural                           | 21 Principalmente perennifolios                        | 211 Hoja ancha   | 211.1 Bambú bajo<br>211.2 Arbol Tuft<br>211.3 Hemi-esclerofilas de hoja ancha<br>211.4 Esclerofilas de hoja ancha<br>211.5 Sufruticosas | Palmera arbustiva mediterránea, helecho hawaiano<br><i>Rhododendron</i> subalpino, o <i>Hibiscus tiliaceus</i><br><br>Chaparral<br><i>Cistus</i> |   |
|   |  | 212 Hoja acicular o microfillos                          | 212.1 Hoja acicular<br>212.2 Microfillos  | <i>Pinus mughus</i><br>Tropical subalpino  |   |
|   | 2 Arbustivo o matorral                                 | Principalmente perennifolios                             | 221 Caducifolios de zona seca con plantas leñosas perennifolias   |  |   |
|   |  |  | 222 Caducifolios de zona seca sin plantas leñosas perennifolias   |  |   |
|   |  |  | 223 Caducifolios de zona fría   | 223.1 Templado<br>223.2 Subalpino y Subpolar   |   |
|   | 23 Arbustos extremadamente xeromórficos (subdesértico) | Principalmente perennifolios                             | 231 Principalmente perennifolios  | 231.1 Únicamente perennifolios<br>231.2 Semi-caducifolios  | Australia, N. América. <i>Atriplex-Kochia-saltbush</i>        |
|   |  |  | 232 Principalmente caducifolios   | 232.1 Sin suculentas<br>232.2 Con suculentas   |   |
|   |  |  | 311 Matorral enano  | 311.1 Cespitoso<br>311.2 Rastrero  | <i>Calluna</i><br><i>Loiseleuria</i>                          |
|   |  |  | 312 Subarbustivo  | 312.1 <del>Almohadillado</del>   | E. Mediterráneo: <i>Astragalus</i> y <i>Acantholimon</i> spp. |
|   | 3 Subarbustivo o matorral enano                        | 313 Mezcla de perennifolios y matorral enano y herbáceas | 313.1 Perennifolios y herbáceos mezclados   |  | <i>Nardus-Calluna</i><br>Grecia: <i>Phygnana</i> spp.         |
| 313.2 Perenne parcial y herbáceos mezclados |  |  |   |  |   |
| Principalmente caducifolios                 |  | 321 Caducifolios facultativos de zona seca               | 321.1 Matorral enano cespitoso<br>321.2 Matorral enano rastrero<br>321.3 Subarbustivo almohadillado<br>321.4 Subarbustivo mezclado      |  |   |
|   |  | 325 Caducifolios de zona fría                            | 325.1   |  |   |
|   |  |  | 325.2   |  |   |
| 325.3                                       |  |  |   |  |   |
| 325.4                                       |  |  |   |  |   |

Tabla CT-SS-3: Tabla del sistema MUC (continuación)

| NIVEL 1           |                                | NIVEL 2   |     | NIVEL 3                      |      | NIVEL 4                                       |      | NOTAS Y EJEMPLOS  |
|-------------------|--------------------------------|---|-----|------------------------------|------|---|------|---|
| Cobertura Natural | 3 Subarbusivo o matorral enano | Subarbusivo extremadamente xeromórfico (subdesértico) | 331 | Principalmente perennifolios | 3311 | Solamente perennifolios                       |      |   |
|                   |                                |   | 332 | Principalmente caducifolios  | 3321 | Sin suculentas                                |      |   |
|                   |                                |   | 333 |                              | 3332 | Con suculentas                                |      |   |
|                   |                                |   | 34  | Tundra                       | 341  | Principalmente briófitos                      | 3411 | Cespitosas  |
|                   |                                |   | 342 | Principalmente líquenes      | 3412 | Rastreras                                     |      |   |
|                   |                                |   | 411 | Con árboles cubriendo 10-40% | 4110 | Árboles: de hoja perenne acicular             |      |   |
|                   |                                |   |     |                              | 4111 | Árboles: de hoja perenne ancha                |      |   |
|                   |                                |   |     |                              | 4112 | Árboles: de hoja semi-perenne ancha           |      |   |
|                   |                                |   |     |                              | 4115 | Árboles: caducifolios de hoja ancha           |      |   |
|                   |                                |   | 412 | Con árboles cubriendo <10%   | 4120 | Árboles: de hoja perenne acicular             |      |   |
|                   |                                |   |     |                              | 4121 | Árboles: de hoja perenne ancha                |      |   |
|                   |                                |   |     |                              | 4122 | Árboles: de hoja semi-perenne ancha           |      |   |
|                   |                                |   |     |                              | 4123 | Árboles: caducifolios de hoja ancha           |      |   |
|                   |                                |   |     |                              | 4124 | Tropical y subtropical con árboles y arbustos |      |   |
|                   |                                |   | 41  | Gramíneas altas              | 4130 | Arbustos: de hoja perenne acicular            |      |   |
|                   |                                |   |     |                              | 4131 | Arbustos: de hoja perenne ancha               |      |   |
|                   |                                |   |     |                              | 4132 | Arbustos: de hoja semi-perenne ancha          |      |   |
|                   |                                |   |     |                              | 4133 | Arbustos: de hoja caduca ancha                |      |   |
|                   |                                |   |     |                              | 4134 | Tropical y subtropical con árboles y arbustos |      |   |
|                   |                                |   | 4   | Con plantas en mata          | 4141 | Tropical con palmeras                         |      |   |
|                   |                                |   |     |                              | 4151 | Tropical                                      |      | Bajas latitudes de África, Amazonas bajo, Nilo superior |
|                   |                                |   | 42  | Gramíneas de altura media    | 4210 | Árboles: hoja perenne acicular                |      |   |
|                   |                                |   |     |                              | 4211 | Árboles: hoja perenne ancha                   |      |   |
|                   |                                |   |     |                              | 4212 | Árboles: hoja semi-perenne ancha              |      |   |
|                   |                                |   |     |                              | 4213 | Árboles: hoja caduca ancha                    |      |   |
|                   |                                |   |     |                              | 4220 | Árboles: hoja perenne acicular                |      |   |
|                   |                                |   |     |                              | 4221 | Árboles: hoja perenne ancha                   |      |   |
|                   |                                |   |     |                              | 4222 | Árboles: hoja semi-perenne ancha              |      |   |
|                   |                                |   |     |                              | 4223 | Árboles: hoja caduca ancha                    |      |   |
|                   |                                |   |     |                              | 4224 | Tropical y subtropical con árboles y arbustos |      |   |

Tabla CT -SS - 3: Tabla del sistema MUC

| NIVEL 1               |   | NIVEL 2                 |                         | NIVEL 3  |   | NIVEL 4 |  | NOTAS Y EJEMPLOS |  |
|-----------------------|---|-------------------------|-------------------------|--|---|---------|--|------------------|--|
| Cobertura natural     | 42 Gramíneas de altura media                  | 42                      | Con arbustos            | 4250   | Arbustos: de hoja perenne acicular            |         |  |                  |  |
|                       |   |                         |                         | 4251   | Arbustos: hoja perenne ancha                  |         |  |                  |  |
|                       |   |                         |                         | 4252   | Arbustos: hoja semi-perenne ancha             |         |  |                  |  |
|                       |   |                         |                         | 4253   | Arbustos: hojacaduca ancha                    |         |  |                  |  |
|                       |   |                         |                         | 4254   | Tropical y subtropical con árboles y arbustos |         |  |                  |  |
|                       |   |                         |                         | 4255   | Arbustos espinosos caducifolios               |         |  |                  |  |
|                       |   |                         |                         | 4256   | Arbustos espinosos caducifolios               |         |  |                  |  |
|                       |   |                         |                         | 4257   | Arbustos espinosos caducifolios               |         |  |                  |  |
|                       |   |                         |                         | 4258   | Arbustos espinosos caducifolios               |         |  |                  |  |
|                       |   |                         |                         | 4259   | Arbustos espinosos caducifolios               |         |  |                  |  |
| 4 Vegetación herbácea | 43 Gramíneas cortas                           | 43                      | Plantas en mata abierto | 434  | Plantas en mata abierto                       |         |  |                  |  |
|                       |   |                         |                         | 435  | Sin leñosas                                   |         |  |                  |  |
|                       |   |                         |                         | 4351   | Principalmente hierbas cespitosas             |         |  |                  |  |
|                       |   |                         |                         | 4352   | Principalmente herbáceas en ramillete         |         |  |                  |  |
|                       |   |                         |                         | 4310   | Árboles: hoja perenne acicular                |         |  |                  |  |
|                       |   |                         |                         | 4311   | Árboles: hoja perenne ancha                   |         |  |                  |  |
|                       |   |                         |                         | 4312   | Árboles: hoja semi-perenne ancha              |         |  |                  |  |
|                       |   |                         |                         | 4313   | Árboles: hoja caduca ancha                    |         |  |                  |  |
|                       |   |                         |                         | 4320   | Árboles: hoja perenne acicular                |         |  |                  |  |
|                       |   |                         |                         | 4321   | Árboles: hoja perenne ancha                   |         |  |                  |  |
| 4322                  | Árboles: hoja semi-perenne ancha              |                         |                         |  |   |         |  |                  |  |
| 4323                  | Árboles: hoja semi-perenne ancha              |                         |                         |  |   |         |  |                  |  |
| 4324                  | Árboles: hoja caduca ancha                    |                         |                         |  |   |         |  |                  |  |
| 4325                  | Tropical y subtropical con árboles y arbustos |                         |                         |  |   |         |  |                  |  |
| 4330                  | Arbustos: de hoja perenne acicular            |                         |                         |  |   |         |  |                  |  |
| 4331                  | Arbustos: hoja perenne ancha                  |                         |                         |  |   |         |  |                  |  |
| 4332                  | Arbustos: hoja semi-perenne ancha             |                         |                         |  |   |         |  |                  |  |
| 4333                  | Arbustos: hojacaduca ancha                    |                         |                         |  |   |         |  |                  |  |
| 4334                  | Tropical y subtropical con árboles y arbustos |                         |                         |  |   |         |  |                  |  |
| 4335                  | Arbustos espinosos caducifolios               |                         |                         |  |   |         |  |                  |  |
| 43 Gramíneas cortas   | 43  | Plantas en mata abierto | 4341                    | Plantas en mata abierto  |   |         |  |                  |  |
|                       |   |                         | 4351                    | Subtropical abierto con plantas en mata                            |   |         |  |                  |  |
|                       |   |                         | 4352                    | Tropical alpino sin plantas en mata                                |   |         |  |                  |  |
|                       |   |                         | 4353                    | Tropical y subtropical alpino con perennifolios en campos abiertos |   |         |  |                  |  |
|                       |   |                         | 4354                    | Con subarbutivo  |   |         |  |                  |  |
|                       |   |                         | 4361                    | Comunidades de gramíneas cortas                                    |   |         |  |                  |  |
| 4362                  | Comunidades de gramíneas en ramilletes        |                         |                         |  |   |         |  |                  |  |

EE, UU: Este de Kansas; pradera de hierba alta Nueva Zelanda; *Festuca novae-zelandiae*

EE, UU: pradera de hierba corta

Tabla CT-SS-3: Tabla del sistema MUC (continuación)

|                             | NIVEL 1               | NIVEL 2                 | NIVEL 3   | NIVEL 4   | NOTAS Y EJEMPLOS                                    |  |  |  |
|-----------------------------|-----------------------|-------------------------|---|---|---|--|--|--|
| <i>Cobertura natural</i>    | 4 Vegetación herbácea | 44 Herbáceas hoja ancha | 43.7 Comunidades mesofíticas de altura media y cortas | 43.71 Comunidades de cespitosas                         | Norteamérica, Eurasia: baja altitud, fresco, húmedo |  |  |  |
|                             |                       |                         | 44.1 Comunidades altas                                | 43.72 Praderas alpinas y subalpinas                     | Altas latitudes                                     |  |  |  |
|                             |                       |                         | 44.2 Comunidades bajas                                | 44.11 Helechos  |   |  |  |  |
|                             |                       |                         |   | 44.12 Principalmente anuales                            |   |  |  |  |
|                             |                       |                         |   | 44.13 Principalmente herbáceas de hoja ancha y helechos |   |  |  |  |
|                             |                       |                         |   | 44.21 Principalmente herbáceas de hoja ancha y helechos |   |  |  |  |
|                             |                       |                         | 44.22 Principalmente anuales                          |   |   |  |  |  |
|                             |                       |                         | 5 Suelo desnudo                                       |   | 51 Llanuras secas saladas                           |  |  |  |
|                             |                       |                         |   |   | 52 Arenoso  |  |  |  |
|                             |                       |                         |   |   | 53 Roca descubierta                                 |  |  |  |
| 54 Permafrost               |                       |                         |   |   |   |  |  |  |
| 55 Glaciares                |                       |                         |   |   |   |  |  |  |
| 56 Otros                    |                       |                         |   |   |   |  |  |  |
| 61 Ribereño                 |                       |                         |   |   |   |  |  |  |
| 6 Humedales                 |                       | 62 Palustre             |   |   |   |  |  |  |
|                             |                       | 63 Estuario             |   |   |   |  |  |  |
|                             |                       | 64 Lacustre             |   |   |   |  |  |  |
|                             |                       | 7 Agua abierta          |   |   |   |  |  |  |
| <i>Cobertura artificial</i> | 8 Tierra cultivada    | 81 Agricultura          | 81.1 Cultivos en surco y pastos                       |   |   |  |  |  |
|                             |                       |                         | 81.2 Huertas y horticultura                           |   |   |  |  |  |
|                             |                       |                         | 81.3 Ganadería intensiva                              |   |   |  |  |  |
|                             |                       |                         | 81.4 Otras  |   |   |  |  |  |
|                             |                       |                         | 82 No agricultura                                     | 82.1 Parques y campos de atletismo                      |   |  |  |  |
|                             |                       |                         |   | 82.2 Campos de golf                                     |   |  |  |  |
|                             |                       |                         |   | 82.3 Cementerios  |   |  |  |  |
|                             |                       |                         |   | 82.4 Otros  |   |  |  |  |
|                             |                       |                         | 9 Urbano  |   | 91 Residencial                                      |  |  |  |
|                             |                       |                         |   |   | 92 Comercial e industrial                           |  |  |  |
| 93 Transporte               |                       |                         |   |   |   |  |  |  |
| 94 Otros                    |                       |                         |   |   |   |  |  |  |

### **Ejemplo de Clasificación MUC**

A continuación se muestra un ejemplo de asignación de clase MUC a una determinada área homogénea. Se muestran tres ejemplos adicionales en el *Apéndice*. Este primer ejemplo es para realizar con el alumnado, mientras que los del *Apéndice* son para que los intenten por sí mismos. El alumnado debería ser capaz de asignar correctamente una clase MUC cuando finalicen el primer ejemplo.

La respuesta para el ejemplo siguiente es 4213.

**Las definiciones de las clases MUC y la terminología científica se dan en el *Glosario de Términos MUC* y en la *Guía de Campo MUC*. Comprobar SIEMPRE estas definiciones en lugar de confiar en la memoria o en un conocimiento general para determinar la clase MUC de un área.**

#### **Ejemplo 1**

Para el sitio de cobertura terrestre (90 m x 90 m), se elige un área homogénea. Esto significa que toda el área tendrá la misma clase MUC. Aproximadamente un 80% del sitio está cubierto por gramíneas (herbáceas) y otras herbáceas (de hoja más ancha) de 1 metro de alto, en un porcentaje de 75% de gramíneas y un 25 % de otras herbáceas. Los árboles caducifolios de hoja ancha cubren entre el 15 y el 20% del sitio.



**Nivel 1:** Observar todas las clases de nivel 1 de la *Tabla del Sistema MUC*. Comprobar que la clase 4, vegetación herbácea, es la clase más apropiada para el nivel 1. Acudir al *Glosario de Términos de MUC*. La clase 4 requiere que más de un 60% de la cobertura total del suelo sea vegetación herbácea. La clase 4 es la elección correcta.

**Nivel 2:** Mirar en la *Tabla del Sistema MUC* las cuatro posibles clases de Nivel 2 (41-44). Revisar las definiciones de las cuatro clases en el *Glosario de Términos MUC*. Se debería establecer que, puesto que el tipo de cobertura dominante (vegetación herbácea) es gramínea en más del 50%, el nivel 2 de cobertura terrestre debe ser Gramíneas. Dado que las gramíneas tienen entre 50 cm y 2 m de altura, se debería elegir la clase 42, Gramíneas de media altura.

**Nivel 3:** Observar las cinco opciones de la *Tabla del Sistema MUC* para el nivel 3 (421-425). Dado que los árboles ocupan entre el 15 y 20% del sitio, se debería elegir la clase 421, “con árboles cubriendo entre el 10 y el 40 %”. Para asegurarse de que esta es la elección correcta, comprobar la definición en el *Glosario de Términos MUC*.

**Nivel 4:** Ahora se tienen cuatro opciones para el nivel 4 (4210-4213). Ya que los árboles son caducifolios de hoja ancha, se debería elegir la clase 4213. Se ha terminado la clasificación MUC.

## B. Densímetro

Figura CT-II-4: Fabricación casera

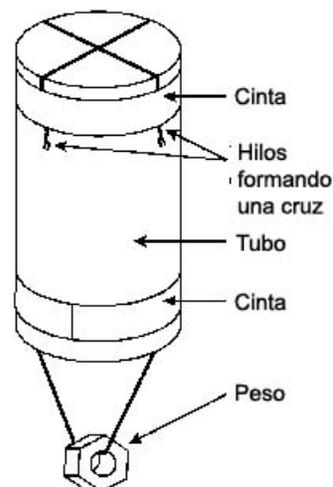
Un densímetro es un instrumento que se utiliza para realizar mediciones de cobertura vegetal, como parte de las mediciones de biometría descritas en el *Protocolo de Biometría*. A continuación se incluyen instrucciones para la construcción y el uso del densímetro.

### Materiales Necesarios

- Un tubo largo de 4 cm de diámetro por 7,5 cm de largo (cartón del papel higiénico, cartulina, tubo de PVC)
- 34 cm de hilo o seda dental
- Arandela de metal o tuerca
- Cinta adhesiva

### Construcción

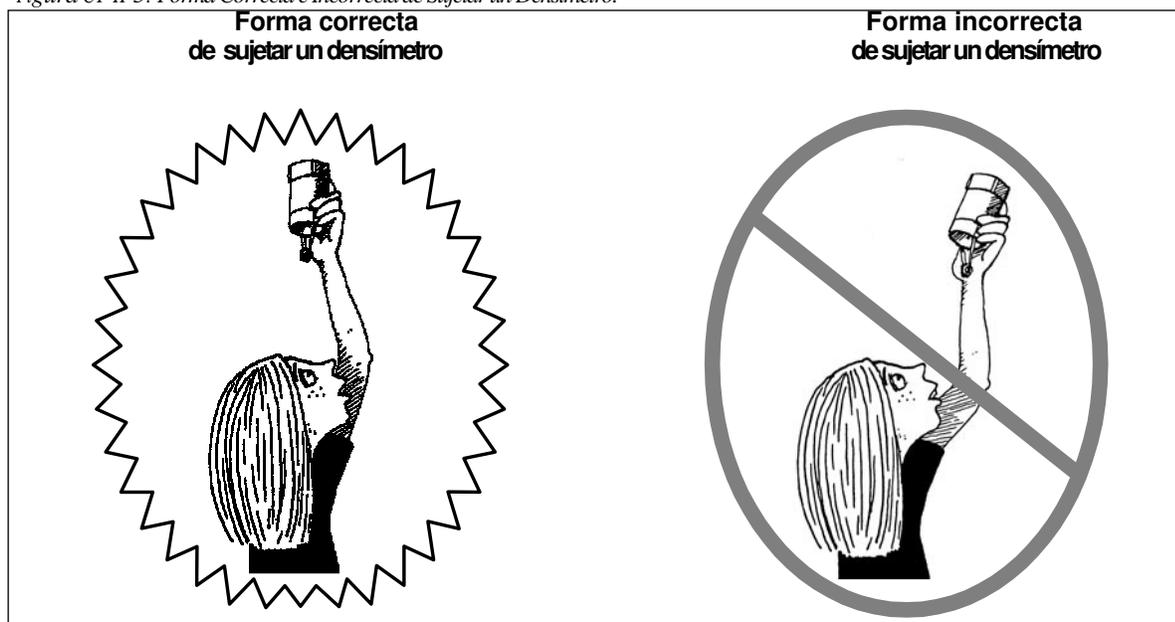
1. Reunir los materiales para cada densímetro.
2. Unir (con cinta adhesiva) dos hilos que formen ángulos rectos pasando en un extremo del tubo, de manera que formen una cruz. Dejar un poco de hilo colgando al final de la cinta adhesiva, para poder tensarlos si es necesario.
3. Sujetar (con cinta adhesiva) un hilo de 18 cm con una arandela de metal o una tuerca colgando de él en el otro extremo del tubo (el opuesto a la cruz).



### Instrucciones Para su Uso.

1. Mirar a través del densímetro, asegurándose de que esté totalmente vertical y de que la tuerca/arandela está situada justo debajo de la intersección de los hilos del extremo del tubo. Ver Figura CT-II-5 y Figura CT-II-6. **Nota:** Utilizar el densímetro sólo para mirar HACIA ARRIBA, a la cobertura vegetal. Nunca para mirar hacia abajo, a la cobertura de suelo.
2. Si se ve vegetación, ramas u hojas justo en la intersección de los hilos se indicará esto como “T”, para hacer referencia a cobertura de árboles, o “SB” si hay cobertura de arbustos.
3. Si no se ve vegetación, ramas u hojas justo en la intersección de los hilos, se anotará menos “-”, que significa que se ve cielo justo en el cruce de los hilos.

Figura CT-II-5: Forma Correcta e Incorrecta de Sujetar un Densímetro.



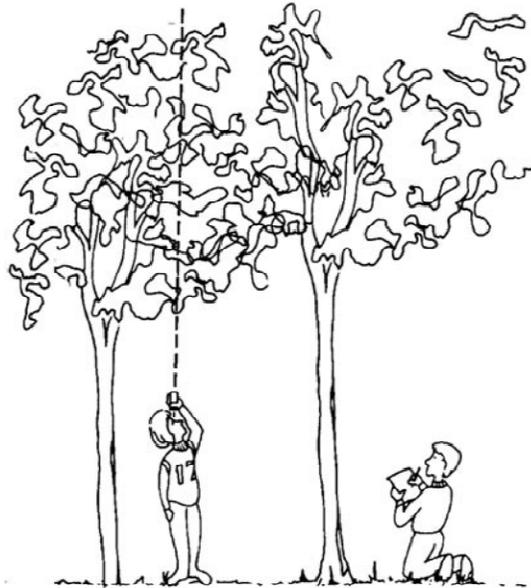
Modificado de TEREZA, Asociación de Educación Medioambiental, República Checa (1996).

## Preguntas Frecuentes

1. ¿Qué se debe hacer si existe una cobertura de diversas alturas?

Si hay una cobertura con varias alturas se debe intentar identificar cuál es el nivel más alto sin cambiar de posición. Si hay vegetación justo en la intersección de los hilos, marcar con una "T" o como "SB". Ver CT- II-6.

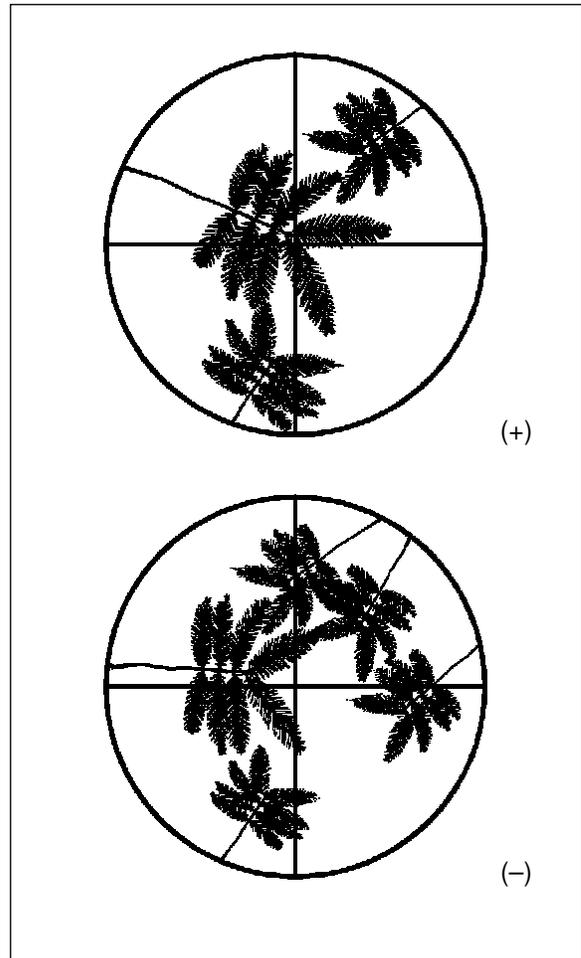
Figura CT-II-6: Utilización de un Densímetro en Cobertura de Muchas Alturas.



2. ¿Y si el círculo que se observa a través del densímetro está lleno de vegetación pero no hay justo en la intersección de los hilos?

Esta es una pregunta de muestreo. El equipo de Cobertura Terrestre/Biología ha determinado la intersección de los hilos como punto de muestreo. Por tanto, esto sería un (-).

Figura CT-II-7: Muestreo con el Densímetro



3. ¿Qué ocurre si no se puede ir al sitio durante el pico de máximo desarrollo (máxima foliación)?

Si no se puede ir al sitio durante el pico de desarrollo, realizar las mediciones del sitio durante el periodo de caída de las hojas y hacer lo que se pueda para obtener los datos del periodo de máximo desarrollo, cuando se pueda.

## C. Clinómetro

Un clinómetro es un instrumento que sirve para medir ángulos. En GLOBE, se utiliza para hallar el ángulo necesario para medir la altura de los árboles. También para determinar obstáculos en el sitio de estudio de atmósfera. Los cálculos corresponden a la aplicación de los principios basados en las propiedades de los triángulos rectángulos. Se construirá y utilizará el clinómetro siguiendo las instrucciones y las fórmulas siguientes. El clinómetro también se puede utilizar para realizar ejercicios prácticos adicionales sobre principios trigonométricos.

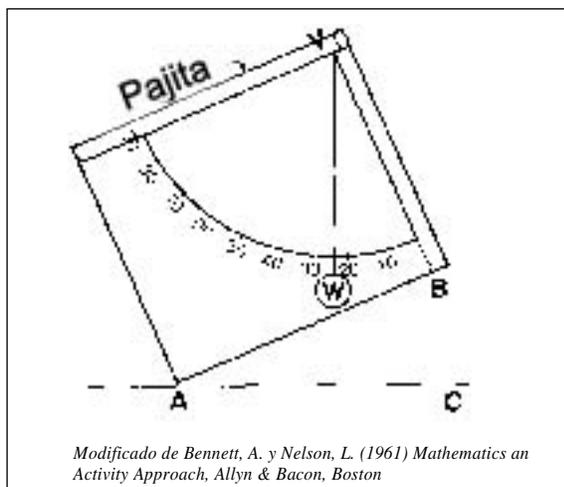
### Material Necesario

- Hoja de Clinómetro y Tabla de Tangentes (en el Apéndice)
- Un pedazo de cartón o cartulina, del tamaño de las hojas de trabajo.
- Sorbete (pajita, cañita, popote) .
- Arandela de metal o tuerca.
- 15 cm de hilo o seda dental.
- Pegamento.
- Tijeras.
- Algo para realizar un agujero pequeño.
- Cinta adhesiva

### Construcción

1. Preparar el material es para la construcción del clinómetro.
2. Pegar una copia de la *Hoja del Clinómetro* sobre un cartón del mismo tamaño (si es necesario recortar el cartón).
3. Pegar una copia de la *Tabla de Tangentes* por el otro lado del cartón.
4. Hacer un agujero a través del círculo marcado en la *Hoja del Clinómetro*.
5. Introducir el hilo de 15 cm a través del agujero y sujetarlo o anudarlo por el lado de la *Tabla de Tangentes*.
6. Unir una arandela de metal o una tuerca en la otra punta del hilo para que cuelgue por la parte de la *Hoja del Clinómetro*.
7. Pegar una pajita a lo largo de la línea que se indica en la *Hoja del Clinómetro*, para usarlo como teleobjetivo.

**Nota:** Un clinómetro mide ángulos para determinar la altura de objetos sin medirlos directamente. Es una versión simplificada del cuadrante (un instrumento de medición medieval), y del sextante, (un instrumento utilizado para hallar la posición de los barcos). Como estos instrumentos, el clinómetro posee un arco graduado, de 0 a 90 grados.



### **Instrucciones de Uso**

1. Estando de pie y estirado, medir la altura desde el suelo hasta los ojos. Anotar este dato para cálculos posteriores.
2. Situarse a la misma altura del suelo que la base del objeto que se va a medir.
3. Mirar la parte superior del objeto a través del sorbete del clinómetro. Pedir a un compañero o compañera que lea los grados del ángulo BVW (Ver Figura CT-II-8), fijándose dónde el hilo toca el arco en la *Hoja del Clinómetro*. (El ángulo BVW es igual al ángulo BAC, que es el ángulo de inclinación del clinómetro.)
4. Medir la distancia horizontal desde nuestra posición al objeto medido.
5. Conociendo el ángulo de elevación, la altura de los ojos y la distancia al objeto, como en la Figura CT-II-9, se puede calcular la altura del objeto utilizando una simple ecuación. Sumar la altura de los ojos al número que se obtenga mediante la siguiente ecuación.

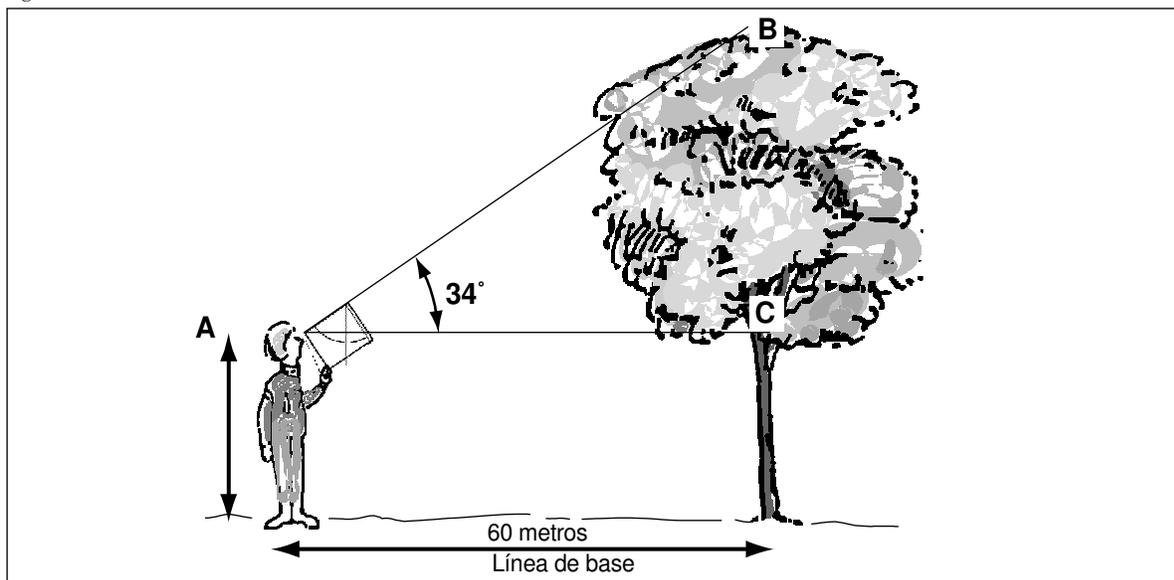
$$BC = AC \times \text{tg} A$$

Altura del árbol desde los ojos (BC) = Distancia a la base del árbol (AC) x tg del ángulo del clinómetro (tg A)

(Ver ejemplo en página siguiente)

**Nota:** Si se quiere practicar la realización de mediciones de alturas antes de ir al sitio de estudio, observar un objeto alto en el exterior del que se conozca o se pueda conocer directamente su altura, (como un mástil de una bandera, o un edificio). Después de completar los pasos del ejercicio anterior, comparar los resultados con la altura conocida del objeto.

Figura CT-II-9: Determinación de la Altura de un Árbol Mediante un Clinómetro



**Ejemplo:**

En el ejemplo (Figura CT-II-9 y CT- II-10), un alumno está a 60 m de la base de un árbol y ve la copa del árbol a través de su clinómetro. Sus ojos se encuentran a 1,5 m del suelo. Obtiene un ángulo de 34 grados en su clinómetro (las figuras no están dibujados a escala). Usa la *Tabla de Tangentes* y la siguiente ecuación para resolver la altura del árbol.

$$\begin{aligned} \text{tg } 34 &= BC/60. \text{ Luego,} \\ BC &= 60 \text{ m (tg } 34). \text{ Por lo tanto,} \\ BC &= 60 \text{ m (0,67) = } 40,2 \text{ m} \end{aligned}$$

Sumar a la altura de BC la altura del clinómetro al suelo (la altura de los ojos) para obtener la altura total del árbol. En el ejemplo anterior, la altura del árbol es de 40,2 m + 1,5 m = 41,7 m.

**Nota:** Ajustar la distancia al árbol para que situarse al menos tan lejos del árbol como su altura. Para obtener mediciones más exactas, ajustar la distancia para que el ángulo del clinómetro esté lo más próximo posible a 30 grados.

Figura CT-SS-10: Ecuación Trigonométrica

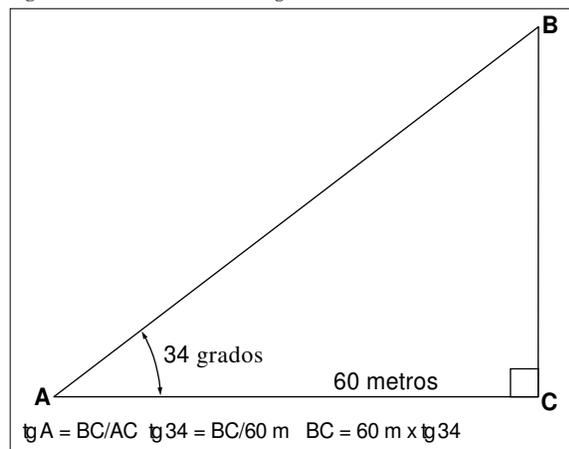
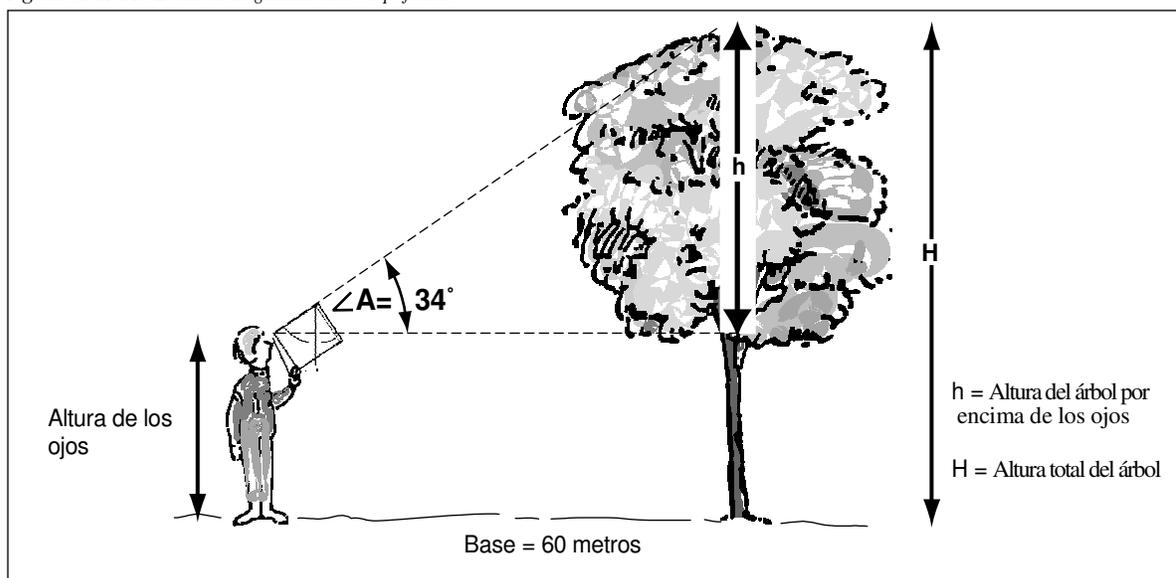


Figura CT-II-11: Ecuación Trigonométrica Simplificada



Para el alumnado que aún no esté familiarizado con la geometría, hay otra forma de simplificar este ejemplo. Ver Figura CT-II-11.

$$h = \text{Base} \times \text{tg } A$$

$$h = 60 \text{ m} \times \text{tg } 34$$

$$h = 60 \text{ m} \times 0,67 = 40,2 \text{ m}$$

$$H = h + \text{altura de los ojos}$$

$$H = 40,2 + 1,5 \text{ m} = 41,7 \text{ m}$$

### Preguntas Frecuentes

1. ¿Y si el alumnado es demasiado joven para comprender las matemáticas utilizadas para hallar la altura del árbol?



Para el alumnado más joven, si el ángulo BVW es 45 grados, la distancia al árbol será equivalente a la altura del árbol desde los ojos. Esto se puede ilustrar para el alumnado mediante un dibujo de un triángulo rectángulo isósceles sin ninguna explicación adicional de las matemáticas implicadas. Medir con una cinta métrica la altura de los ojos un alumno, y luego la distancia desde su posición hasta la base del árbol. Esta distancia equivaldrá a la altura del árbol. Ver la *Técnica Alternativa para Medir la Altura de un Árbol a Nivel del Suelo: Guía de Campo de la Técnica del Clinómetro Simplificada* en el *Protocolo de Biometría*.

2. ¿Y si el árbol está inclinado?

Si el árbol está inclinado, realizar las mediciones hasta la copa del árbol, de la forma habitual.

**3. Si no puedo estar al mismo nivel que la base del árbol que estoy midiendo, ¿cómo calculo la altura del árbol? ¿Y si no existe nivel del suelo para medir la altura de los árboles?**

Hay tres métodos de solucionar este problema. Se presentan en las *Guías de Campo de Técnicas Alternativas para Medir la Altura de un Árbol* del *Protocolo de Biometría*. Utilizar el que más se adecúe.

## D. Medición por Pasos

Un paso equivale a dos zancadas normales. Saber cuánto mide un paso nuestro será de gran utilidad en la investigación de cobertura terrestre. Concretamente, cuando se camina a lo largo de las diagonales para realizar mediciones en los sitios de muestreo (según el *Protocolo de Biometría*) se necesitará conocer cuántos pasos se emplean para recorrer 21,2 metros (la longitud de media diagonal). Existen dos opciones que se muestran a continuación para hallar éste dato.

### Instrucciones para Calcular Cuánto Mide un Paso.

1. Colocar una cinta métrica de, al menos, 30 metros en un zona llana y despejada (un aparcamiento, un campo, o una calle es lo más apropiado).
2. Recordar que un paso es la distancia que se recorre con dos zancadas. Partiendo con la punta de los dedos del pie en la marca 0 de la cinta métrica, caminar 10 pasos a ritmo normal. Es importante utilizar la forma habitual cómoda de andar, dada la gran variedad de situaciones que se pueden encontrar en el campo.
3. Anotar la marca de la cinta métrica donde haya llegado la punta de los pies tras el décimo paso. Este valor será la longitud de 10 de pasos.
4. Dividir este valor por 10, y se obtendrá cuanto mide un paso.
5. Repetir los pasos 2-4 tres veces más. Calcular la media (sumando los tres resultados del paso 4, y dividiéndolo por tres) para determinar la distancia media de un paso.

*Ejemplo:*

| Número de repetición              | Distancia de 10 Pasos | Distancia de un paso |
|-----------------------------------|-----------------------|----------------------|
| 1                                 | 17,0 m                | 1,70 m               |
| 2                                 | 17,5 m                | 1,75 m               |
| 3                                 | 16,8 m                | 1,68 m               |
| Paso Medio = 1,71 metros por paso |                       |                      |

**Nota:** Realizar esto en un bosque o en una colina escarpada es bastante diferente que hacerlo en llano, en un patio de escuela o en una zona de aparcamientos. Recordar lo siguiente:

- Al empezar a medir los pasos, caminar a ritmo normal. No exagerar los pasos, ya que los pasos se acortarán de manera natural en bosques y terrenos escarpados.
- Al caminar por una colina se está recorriendo una distancia en horizontal más corta de lo que parece, y puede también que no se camine de forma regular a causa del terreno. Hay que ser consciente de los pasos y compensarlos acortándolos o alargándolos si es necesario.
- Cuando haya obstáculos grandes (árboles, rocas, etc.) en el camino, caminar unos pasos lateralmente, después caminar recto, y después dar el mismo número de pasos lateralmente para recuperar la dirección original de la brújula. Ver Figura CT-II-12. Si es necesario realizar alguna observación cuando se está rodeando un obstáculo, estimar la lectura a partir de una posición del camino recorrido para rodearlo.

Figura CT-II-12 Cómo rodear grandes obstáculos

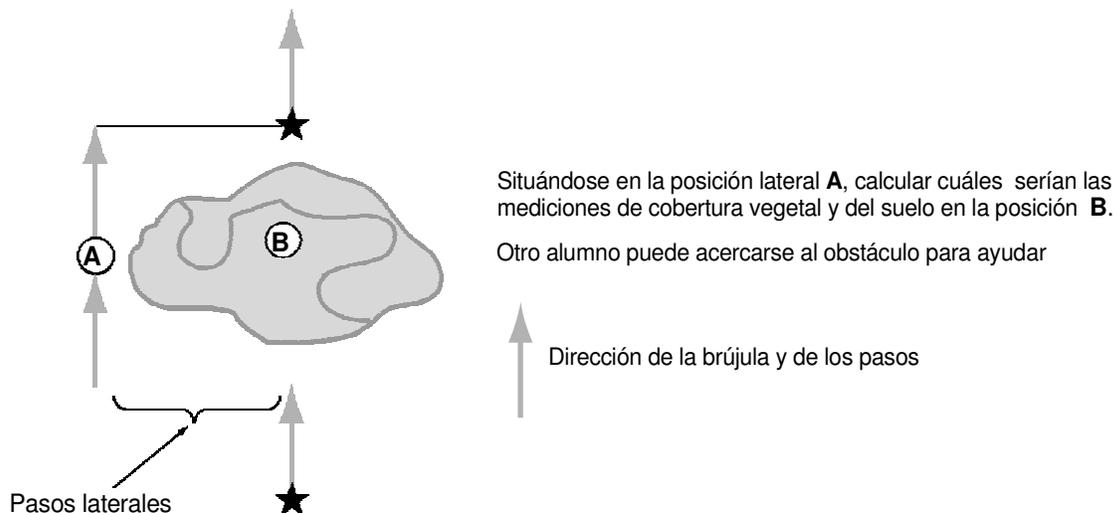
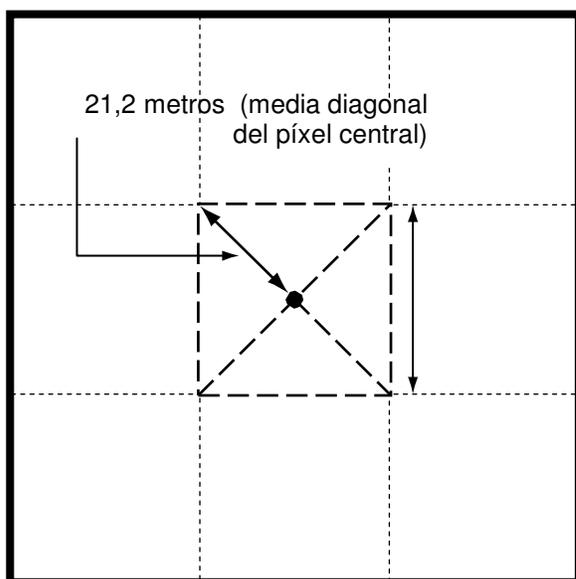


Figura CT-II-13: Ejemplo de medición por pasos



- Si un objeto es demasiado grande para rodearlo con pasos laterales, pararse en el objeto y determinar con la brújula la dirección de los pasos. Rodear el objeto hasta que se vuelva a caminar en la dirección original. Comenzar a contar de nuevo cuando se esté caminando en la dirección adecuada.

*Determinación del número de pasos necesarios para hacer las mediciones a lo largo de media diagonal de un píxel de 30 m x 30 m*

Nota: Si el alumnado sabe dividir con decimales, utilizar uno de sus pasos para establecer el número de pasos de media diagonal usando esta fórmula:

$$\# \text{ pasos de media diagonal} = \frac{21,2 \text{ metros}}{\text{Longitud de un paso (metros)}}$$

Si no saben dividir con decimales, usar el siguiente procedimiento.

1. Medir una distancia de 21,2 metros (lo que mide media diagonal, ver Figura CT-II-13) en un zona exterior y llana (calle, aparcamiento, etc.)
2. Recordar que un paso es el recorrido de ambos pies. Comenzar en la marca de 0; contar el número de pasos necesarios para

caminar toda la distancia a paso normal.

3. Repetirlo tres veces, y calcular la media para establecer el número medio de pasos.
4. Redondear el número de pasos calculados al paso medio más próximo. Este es el número de pasos que se tarda en caminar la media diagonal.
5. Anotar el número de pasos necesarios que cada alumno o alumna precisa para caminar media diagonal, para que sirva de referencia en la recogida de datos del sitio de muestreo de cobertura terrestre.



### Preguntas Frecuentes

#### 1. ¿Por qué se debe caminar 21,2 metros?

21,2 metros es la distancia de media diagonal de un área de 30 m x 30 m. Es la distancia que se caminará hacia cada uno de los puntos cardinales al realizar las mediciones de biometría.

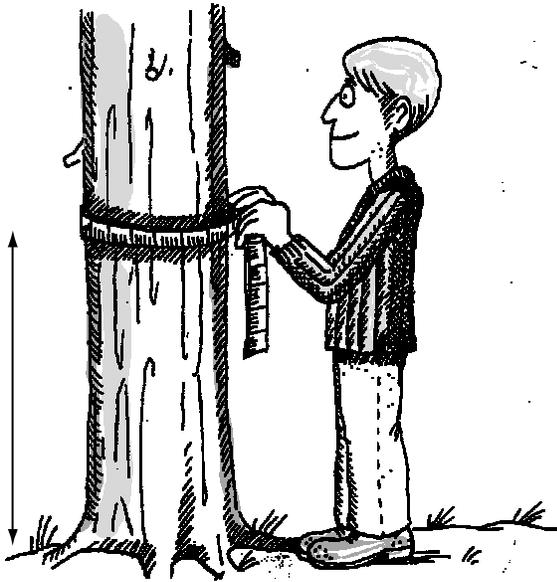
## E. Cinta Métrica

En las mediciones que se realizan en los sitios de muestreo de cobertura terrestre se utiliza a menudo una cinta métrica. Es esencial saber utilizarla de forma correcta.

### **Consejo para Realizar Mediciones con una Cinta Métrica**

Utilizar siempre una cinta métrica para las mediciones.

Figura CT-II-14: Medición de la Circunferencia de un Árbol



### **Preguntas Frecuentes**



1. ¿Por qué se utiliza el sistema métrico?

El sistema métrico se utiliza en las investigaciones científicas en todo el mundo.

2. ¿Y si sólo se tiene una cinta que mida en unidades inglesas (pies y pulgadas)?

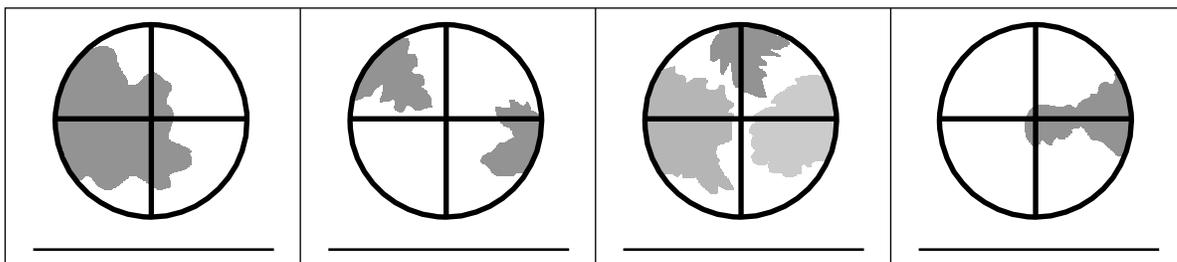
Si sólo se tiene una cinta que mida en unidades inglesas se deberán convertir las mediciones a unidades métricas antes de enviar los datos.

## Evaluación de los Instrumentos de Investigación

Todos los instrumentos de las secciones previas son importantes para llevar a cabo con exactitud la *Investigación de Cobertura Terrestre*. Se debe utilizar la siguiente evaluación para valorar si se conocen y se saben utilizar los instrumentos antes de ir al campo. Las respuestas a las preguntas seleccionadas aparecen al final de la página.

Si no se sabe realizar estos ejercicios o contestar las preguntas, se deberá volver a repasar el material expuesto en esta sección antes de ir al campo.

1. Mostrar la forma correcta de sujetar un densímetro.
2. A continuación se muestran varios diagramas con ejemplos de lo que se podría ver a través del densímetro. Suponiendo que los árboles se sitúan justo encima, indicar para cada diagrama una “T” o un menos “-”



3. ¿Cuáles son las tres mediciones que se deben realizar para calcular la altura de un objeto?
4. Situar en un extremo de la clase y demostrar de qué forma se utilizaría el clinómetro para medir la altura de un objeto que elija el profesor/a. Que otro alumno/a observe el ángulo.
5. Medir la distancia que nos separa del objeto que haya elegido el profesor para el punto anterior, tomar cualquier otra medida que sea necesaria y calcular la altura del objeto.
6. Cuando se mida la altura de un árbol, se debería observar la base del árbol y de los pies, para asegurarse de que están  
\_\_\_\_\_.
7. Determinar el número de pasos que se emplean en recorrer una distancia de 15 metros. (Utilizando cálculos matemáticos a partir de las mediciones anteriores o colocando una cinta métrica en el suelo).
8. ¿Cuál es la altura mínima de un árbol?
9. ¿A qué altura del suelo se mide la circunferencia de un árbol? ¿Con qué parte del cuerpo se corresponde?

1) El alumnado debería sujetar el densímetro verticalmente sobre su cabeza, de manera que la tuerca esté en posición perpendicular respecto al suelo. 2) T, -, -, T. 3) La altura de los ojos desde el suelo, la distancia hasta el árbol y el ángulo que marca el clinómetro al mirar al punto más alto del árbol. 4) El alumno debería mirar a través del sorbete desde el extremo correcto del clinómetro, de manera que vean la parte superior del objeto. 5) Todas las mediciones enumeradas en la pregunta 3 se deberían recoger y utilizar para los cálculos (usar la fórmula de la sección del clinómetro). 6) A la misma altura que el nivel del suelo. 7) Varias respuestas, dependiendo de la longitud del paso de cada alumno. 8) 5 metros. 9) 135 cm, dependiendo de la altura de cada alumno/a.