

Introducción

La Gran Imagen

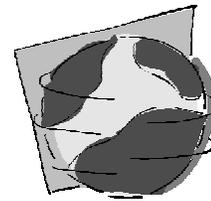
El agua ocupa dos tercios de la superficie terrestre. El otro tercio corresponde a los continentes en los que vivimos. Hasta que el ser humano viajó al espacio no se pudo apreciar completamente la belleza y la diversidad de nuestro planeta. Dependemos de la superficie de la Tierra (y de un poco por encima 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.

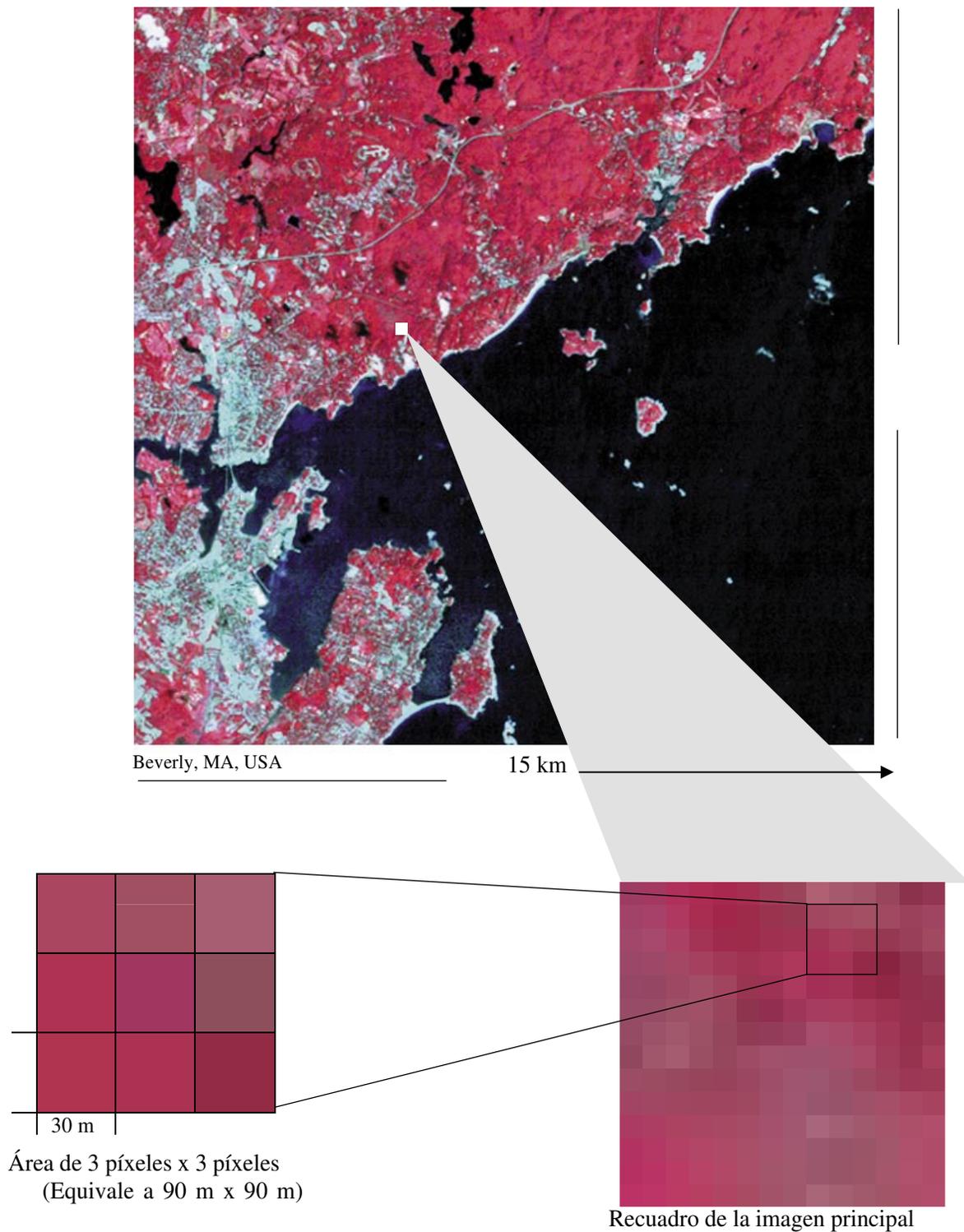
Seguimiento

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
Conceptos de Ciencias Físicas Propiedades de Objetos y Materiales (k-4)			
Objetos que tienen propiedades visibles	x	x	
Posición y Movimiento de Objetos (k-4)			
Posición de objetos que se pueden describir por medio de la localización de otros objetos	x		
Conceptos de Ciencia de la Vida			
Características de los Organismos (k-4)			
La Tierra posee muchos y diversos entornos que mantienen diferentes combinaciones de organismos	x	x	
Los Organismos y sus Entornos (k-4)			
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			
Estructura y Función de los Sistemas Vivos (5-8)			
Ecosistemas demuestran la naturaleza complementaria de estructura y función			
Regulación y Comportamiento (5-8)			
Todos los organismos deben ser capaces de obtener y utilizar los recursos de un entorno en cambio continuo			
Población y Ecosistemas (5-8)			
Todas las poblaciones juntas, y los factores físicos con lo que interactúan constituyen un ecosistema	x	x	
La Interdependencia de los Organismos (9-12)			
Los humanos pueden cambiar el equilibrio del ecosistema			
Conceptos de Geografía			
Cómo Utilizar los Mapas (reales e imaginarios K-4)	x		
Características Físicas del Lugar (k-4)	x	x	
Las Características y la Distribución espacial de los ecosistemas (k-12)	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
Habilidades de Investigación Científica General			
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
Habilidades de Investigación Científica Específicas			
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*.

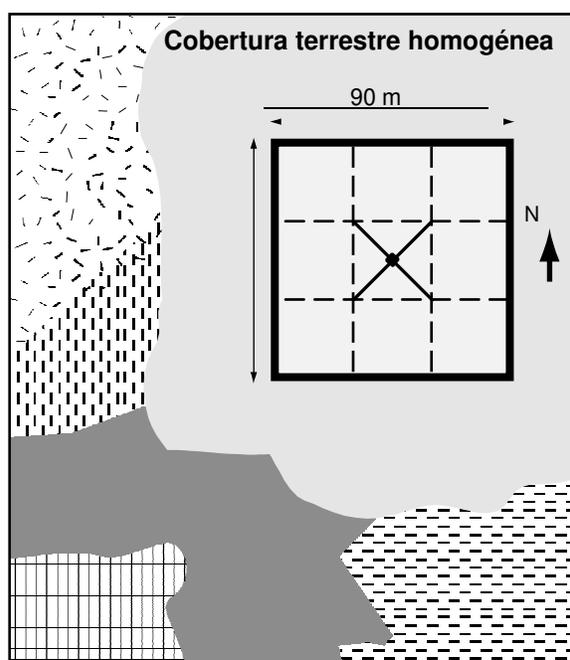
También se pueden tomar datos de lugares fuera del sitio de estudio GLOBE. Por ejemplo, algunos centros educativos realizan visitas periódicas a espacios naturales lejanos, tales como parques nacionales. Recogen datos en ellos que envían a GLOBE. Si el centro hace visitas repetidas a tales lugares se 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

PROTOCOLO	¿Qué procedimientos se realizan?	¿Dónde se llevan a cabo?	¿Cuándo se llevan a cabo?	¿Qué se necesita?
Sitio de muestreo de cobertura terrestre	MUC, latitud, longitud, altitud, fotografías	En un área homogénea 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
Biometría	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
Creación de mapas de cobertura terrestre	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>
Creación de mapas de cobertura terrestre con el ordenador*	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>
Detección de cambios*	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

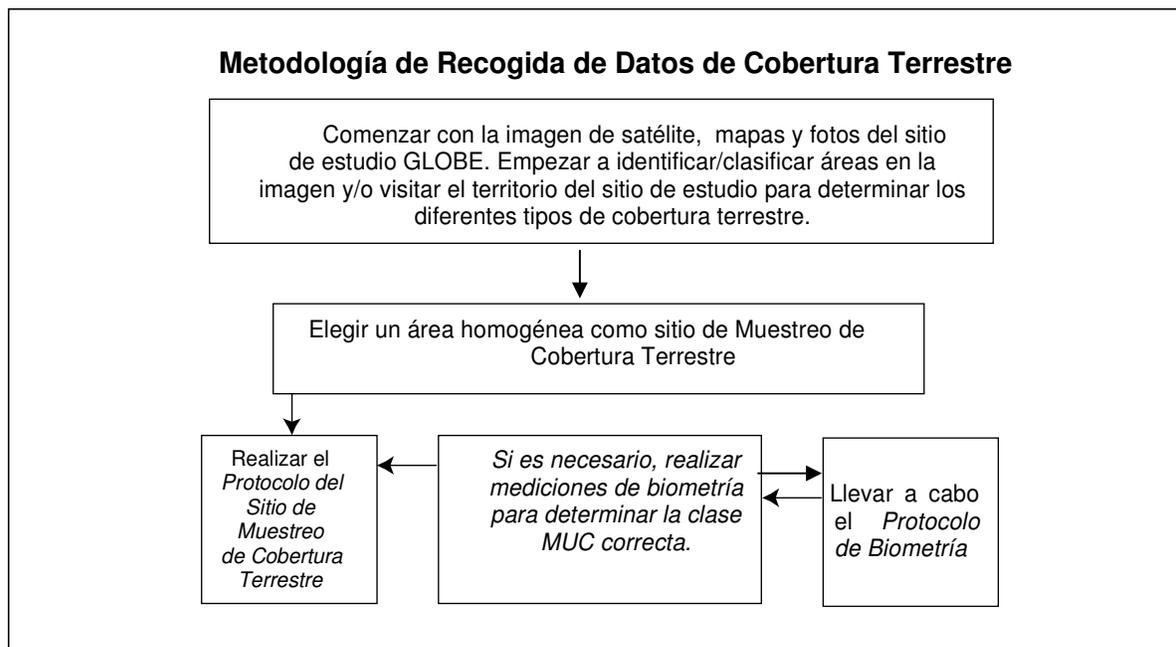
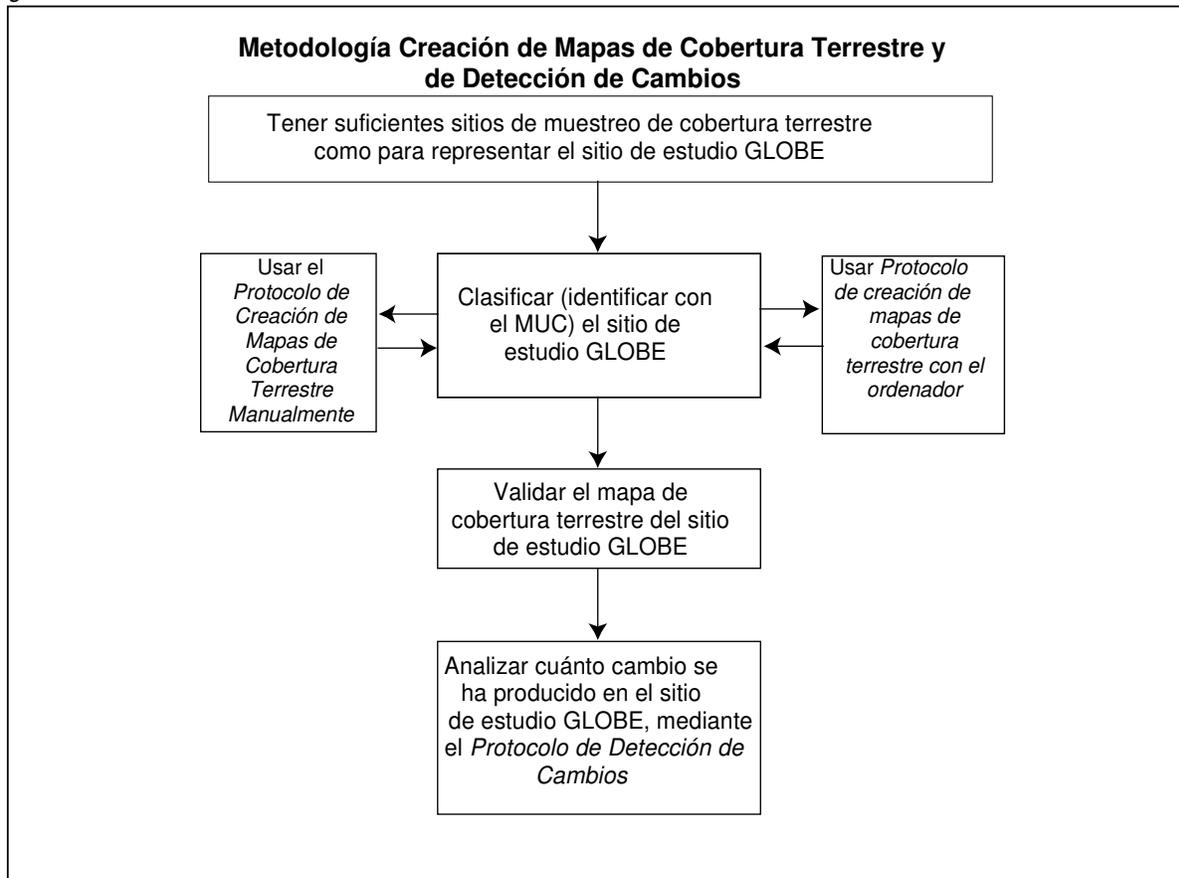


Figura CT-I-4



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

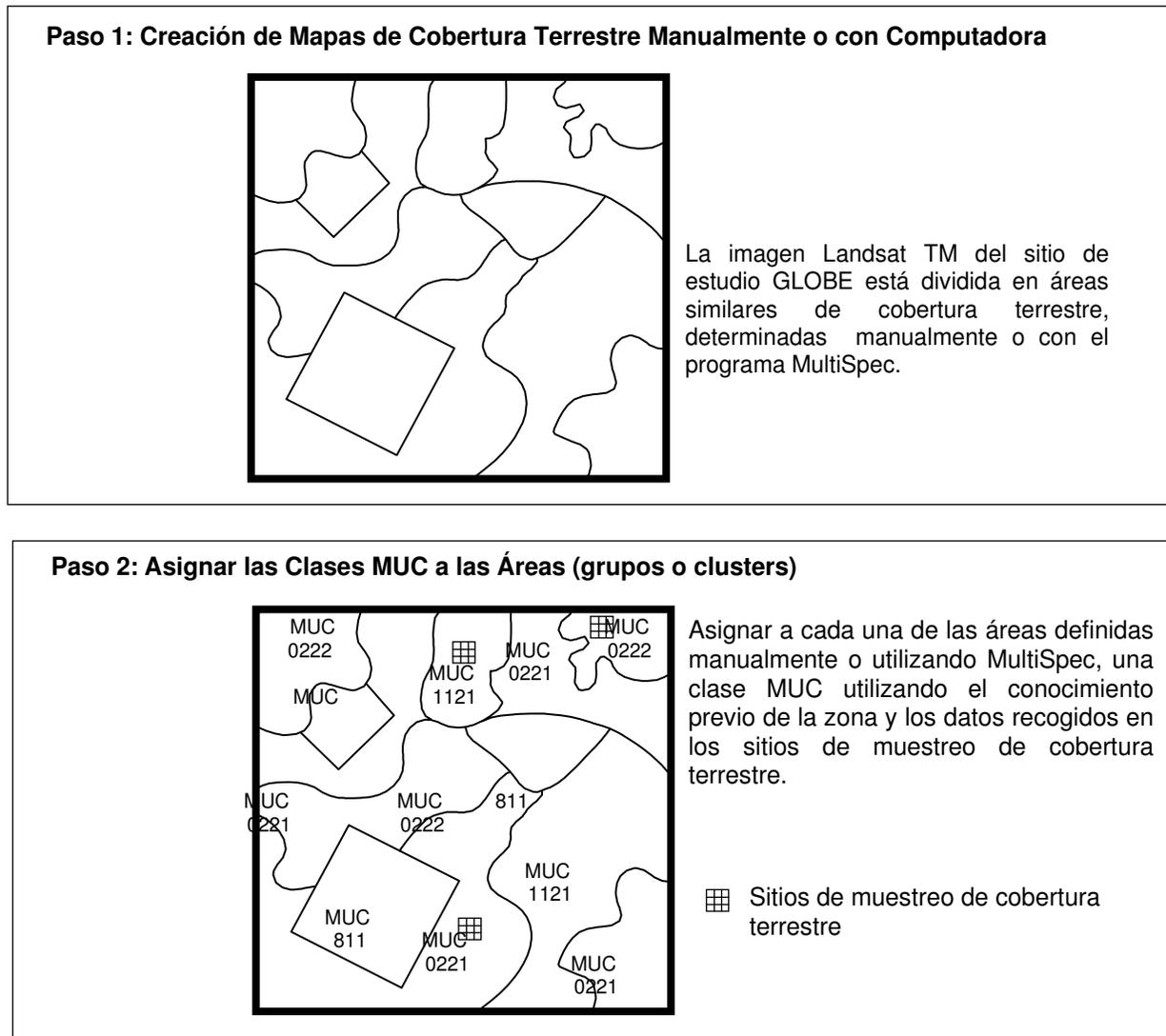
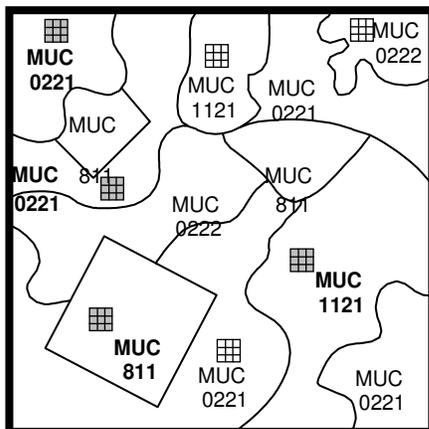


Figura CT-I-5: Diagrama de Proceso de Evaluación de la Exactitud (continuación)

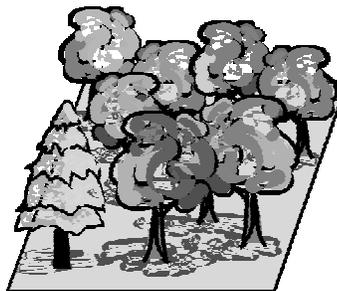
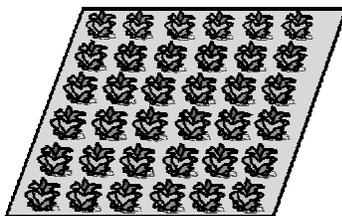
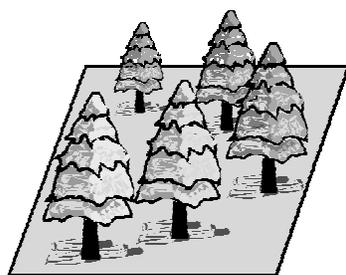
Paso 3: Recogida de Datos de Validación



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.

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	Construir y practicar con el <i>Clinómetro</i> y el <i>Densímetro</i> , y aprender a usar y a leer una cinta métrica (Ver <i>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	Practicar con el <i>Sistema MUC</i>	Destreza incluida
9	Con las habilidades anteriores el alumnado debería ser capaz de realizar el <i>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	Clasificación Manual: <i>Tutorial de la Imagen de Beverly, MA, O Introducción al Programa MultiSpec y Tutorial de Clasificación no Supervisada</i> (Ver el CD de MultiSpec).	Prep. Protocolo, muy recomendable.
12	Después de realizar, al menos, un <i>Protocolo del Sitio de Muestreo de Cobertura Terrestre</i> , el alumnado debería llevar a cabo bien el <i>Protocolo de Creación de Mapas de Cobertura Terrestre Manualmente</i> o el <i>Protocolo de Creación de Mapas de Cobertura Terrestre con el Ordenador</i> .	
13	Recoger más datos de sitios de muestreo de cobertura terrestre	
14	<i>Actividad de Aprendizaje: Evaluación de la Exactitud de los Picos de las Aves</i>	Pre-Protocolo, muy recomendable
15	Realizar una <i>Evaluación de la Exactitud</i> de los Mapas de Tipos de Cobertura Terrestre	
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