

Usando la Percepción Remota para la exploración de la Tierra:

La Serena

Guía para el profesor

Ron Probst¹
Project ASTRO Chile
Abril 2006

1. Introduction

Esta es una guía para el profesor, que va como material complementario de los ejercicios del laboratorio “Exploración de la Tierra a través de la Percepción Remota”. Esta guía incluye algunas sugerencias para trabajar este laboratorio, y las respuestas a las preguntas formuladas en la hoja de trabajo del laboratorio a desarrollar con los alumnos.

La mayoría de las preguntas en el laboratorio requieren una descripción y/o análisis por parte de los alumnos. Los estudiantes deben entender que no hay “una sola respuesta correcta”, para muchas de las preguntas incluidas en estos ejercicios.

Las respuestas dadas acá predisponen a los estudiantes, los guían, hacia qué debe aprender, no obstante no llegan a cubrir toda la gama de posibles respuestas de estos. La interpretación de imágenes obtenidas con el uso de la percepción remota puede ser ambigua; las respuestas de los estudiantes pueden reflejar dicha ambigüedad y ello está considerado dentro de la ejercitación que tiene como fin el laboratorio.

El desarrollo de este laboratorio parte desde la presunción de que las imágenes a usar están disponibles para los estudiantes, por vía electrónica., de manera que ellos puedan examinarlas en el computador, haciendo acercamientos (zoom) y panorámicas, y trabajando con el color que presentan. Este análisis es necesario de realizar en varios puntos, para poder ver adecuadamente los detalles. También hemos asumido que se ha proveído a los participantes de copias de las imágenes en blanco y negro, para que puedan realizar marcas en la sección 1, y usar estas hojas como mapas de referencia para explorar las imágenes digitales.

También resultará muy útil poder contar con un proyector digital de imagen, “un proyector digital automático” o al menos un proyector de transparencias, para poder ampliar las imágenes durante la fase inicial de este laboratorio. El uso de dicho proyector también resultará muy útil si la sección 2 se ha realizado como ejercicio en una clase (realizar dicha actividad se considera muy recomendable).

¹ Con ayuda en la traducción al parte de Carmen Gloria Jiménez (ULS)

Si por alguna circunstancia solo pueden usarse copias impresas, se hace necesario tener copias en color para todas las imágenes, y las fig. 2 y 4 deberán complementarse con algunas copias impresas de áreas aumentadas. La fig. 3 podría omitirse, y las copias podrían ser compartidas por los alumnos. Se recomienda entregar un set por cada 3 ó 4 estudiantes, para mantener bajos los costos.

2. Orientación y Escala

Se recomienda que esta sección sea realizada en la sala, como un ejercicio grupal, para asegurarse que todos los estudiantes desarrollen un adecuado sentido de orientación, se familiaricen con el uso de escalas y con el “sistema de rejillas”, fundamental para el desarrollo del trabajo en las secciones siguientes.

2.1, 2.2., 2.3. Las primeras 3 preguntas pueden responderse al etiquetar la copia de la figura 1. Se parte aquí del supuesto de que los docentes están familiarizados con las locaciones geográficas más notorias que aparecen en estas imágenes.

2.4 Los estudiantes deberán marcar sus respuestas sobre el laboratorio comenzando por esta pregunta. Esto será una demostración de su habilidad para usar la rejilla de localización. La comprensión del uso de esta por parte de los estudiantes, es vital para la realización exitosa de este laboratorio.

Las próximas tres de preguntas consisten en una medición de distancias, haciendo uso de la rejilla ubicada alrededor de la imagen. Consejo: coloque un pedazo de papel (una huincha o tira recta de papel) sobre la pantalla del computador y use la rejilla para estimar una escala de distancia en el papel. Entonces el papel puede irse moviendo por encima de la imagen.

2.5 $32 \text{ km} \div 19.5 \text{ divisiones} = 1,64 \text{ km}$ o 1640 m por cada división.

2.6 La respuesta depende de la perspectiva del estudiante, es decir desde donde este estima que se encuentra el centro de la ciudad. Se espera que, dada la gama de respuestas posibles, el rango estimado para esa respuesta esté entre 10 a 12 km.

2.7 Aquí la que gama esperada de respuestas arroja un intervalo de 10 a 11 km. desde el Puerto al Faro. Para medir la distancia a lo largo de una línea curva, hay que transferir la rejilla a trozo o tira de papel anteriormente señalada (en el punto 2.4). El texto es incierto. La boca del Elqui de Río no es al Faro. La distancia desde el Puerto a la boca fluvial es 12.5 km.

2.8 La gama esperada de respuestas estaría aquí en un intervalo de 16.500 a 18.500; o incluso 20.800 si se toma la distancia desde el puerto a la desembocadura del río.

Los profesores pueden ampliar las actividades en la pregunta 2.8 para realizar una práctica adicional en “estimación” (y que lo estudiantes se familiaricen y practiquen mas

en cómo hacer estimaciones). Por ejemplo, si cada familia de cinco de turistas se queda una semana, ¿ cuántos turistas en el total visitarán la playa durante la temporada turística veraniega ? ¿ Si ellos gastan \$X pesos diarios por familia, para alimentación y hospedaje, cuánto dinero aportará esto a la economía local?

Una analogía útil para poder entender el tema del manejo del tipo de información que nos entregan los píxeles (información gruesa, no detallada) es comparar la estimación que tenemos a cerca de una cifra cuando usamos la calculadora y luego hacemos una “aproximación” de la cifra obtenida (redondeamos la cifra). De la misma manera, la información que nos entregan los píxeles en esta imagen es una estimación gruesa, una “aproximación” a la cifra real. Para el desarrollo del punto 2.9, es importante usar un aumento del zoom y realmente realizar un barrido de la imagen hasta ver el máximo posible de píxeles individuales.

2.9 Aquí se tiene un intervalo de mas o menos 30 píxeles, (+/- 1 o 2) dependiendo de la estimación del estudiante respecto de los lugares desde donde empiezan y terminan de medir. Nuestra estimación aquí es de 2 kilómetros en total, para luego, dividir el total por 2 y así reducir la incertidumbre y dar una mayor precisión.

2.10 Aquí la respuesta es 33 metros por píxel. Cada píxel mide 33 x 33 metros. Como ya se dijo, las estimaciones que los píxeles permiten realizar, son muy burdas y gruesas (es decir no precisas). Estas dimensiones pueden ser comparadas con la sala de clases, la escuela completa, una cancha de basketball, o algún otro espacio amplio que se tenga a mano.

2.11 En este ítem, las respuestas aceptables serían : un automóvil, un árbol, una camión grande, una casa y cosas por el estilo. Esta pregunta es importante porque sirve como preparación para la interpretación de imagen en las secciones siguientes. Los estudiantes probablemente esperarán poder ver detalles finos en la imagen al hacer un acercamiento (usando el zoom) pero eso no va a ser así. Ello puede determinar la necesidad de realizar alguna discusión con los estudiantes respecto de cuales serían los resultados esperables.

3. Relieve

Una demostración, fácil y rápida de realizar en la sala de clases, sobre como relieve se puede deducir analizando las sombras proyectadas en una superficie, se logra colocando una toalla arrugada. Esta se coloca sobre un escritorio y se la va iluminado desde varias direcciones distintas con una lámpara de escritorio.

La pregunta 3.1 tiene objetivo, la realización de un examen minucioso de la imagen por parte de los estudiantes. En principio, las sombras mas anchas corresponderán a las montañas más altas. Esto puede ser difícil de juzgar, así que cualquier respuesta razonable debería ser aceptable.

3.1 La cima más alta en la imagen es el Cerro Cotun, arriba de Las Rojas en L-19; hay 1131 m en altura. Otros puntos altos que podrían ser elegidos son el Cerro Corazón, en L-10/11, 724 m; y la cresta sin nombre ubicada en F-11, 418 m. (Los nombres y alturas fueron obtenidos de Carta La Serena 2930-7030, del Instituto Geográfico Militar de Chile.)

3.2 A-D, 7-8, la zona color marrón, hay relieve pero no hay sombras.

3.3 Desde el lado derecho, o el este.

La siguiente pregunta guía los estudiantes a pensar a cerca de es lo que la imagen *no* muestra de forma directa con respecto a su ambiente físico.

3.4 (a) Si. La Serena tiene un rango de elevación sobre el nivel de la superficie de la costa. Por ejemplo, la Plaza de Armas, sector San Joaquín, población Antena, y cerros como la Colina de Pino.

3.4 (b) No. Ello no se puede contestar en base de la imagen Landsat, porque el relieve vertical no es suficiente como para llegar a producir sombras. La área urbana de La Serena parece plana en la imagen. En contraste en Coquimbo, a causa de que las colinas son más abruptas, si se puede determinar por la imagen que esta ciudad si es montañosa.

A continuación, veremos como esta pregunta a veces se contesta haciendo uso de evidencia indirecta—por ejemplo, el hecho de que el agua corra cuesta abajo.

3.5 Hasta el oeste, o lado izquierdo de la imagen, por el mar.

3.6 El valle sube por el este, con la parte la más alta en la imagen al rincón sureste, M/N-19.

4. Color falso

El uso del color falso (o *color representacional*) puede ser un concepto difícil para algunos estudiantes. Una demostración factible de realizar haciendo uso del computador, consiste en cambiar el mapa de colores (en la paleta de colores del computador) aplicando dicho cambio a las imágenes de escenas u objetos cotidianos.

Un resultado importante, pero implícito, de las Secciones 4 y 5, es que los estudiantes se den cuenta de las limitaciones que la Percepción remota conlleva. Las informaciones en estas imágenes son imperfectas, y interpretaciones podrían ser ambiguas, inciertas o incluso erróneas.

4.1 Rojo brillante en la imagen Landsat.

- 4.2 Negro. La idea que “negro” representa la ausencia de luz reflejada, y no un color en sí mismo, puede ser algo difícil de comprender. Enseñar previamente a cerca de la naturaleza de la luz y el color, aparece como altamente recomendable.
- 4.3 Si, esta área tiene un color verde similar.
- 4.4 Plantas: hierba, pasto, arbustos, árboles, cultivos de campo.
- 4.5 Estas áreas también son de color café rojizo en la imagen de color natural. Son en general rectangulares, grandes (cientos de metros en largo), y se localizan hacia el lado de las áreas rurales. Son terrenos de suelo desnudo; por ejemplo, de cultivo de papas.

La siguiente pregunta ilustra como imágenes de color falso pueden llevar a errores o ser engañosas, por sobre enfatizar alguna característica del terreno.

- 4.6 El área verde brillante en la imagen de color falso *no* es verde en la de color natural. Tiene un color parecido al de los campos desnudos en la pregunta 4.5 . En el terreno debe haber una suficiente cantidad de vegetación, como para reflejar fuertemente la luz infrarroja y producir el color verde en la imagen de color falso, pero tampoco tanta cantidad como para permitir que se refleje mucha luz visible y predominar sobre el color natural. Son terrenos levemente cubiertos de maleza.

Las preguntas restantes en esta sección preparan a los estudiantes para la Sección 5, que consiste en la exploración de un lugar remoto.

- 4.7 Enfocarse en Ruta 5 para contestar esta pregunta. En Fig. 1, Ruta 5 se vé en color que van desde el morado oscuro hasta el negro; en la Fig. 2, es gris oscuro hasta negro.
- 4.8 El asfalto refleja muy poca luz infrarroja. Este absorbe ambos tipos de luz, la visible y la luz infrarroja.
- 4.9 El agua refleja muy poca luz en esta imagen, tanto visible como infrarroja. (Nota: el color del agua bajo la luz visible, depende mucho del ángulo que haya entre sol, la superficie de agua, y el observador.)
- 4.10 El río Elqui contiene agua que corre entre Las Compañías y La Serena. Esto puede llegar a establecerse a causa de que este sector muestra un color muy oscuro.
- 4.11 Su tamaño es 500 m N-S y 100 m E-W (15 píxeles por 3 píxeles).
- 4.12 Su contorno es regular y en forma de bloque, con lados rectos y esquinas cuadradas. Bajo una inspección minuciosa, pueden detectarse un par de formas rectangulares con una área oscura entre ambas.

- 4.13 Es asfalto — sería raro encontrar un lago en ese lugar!
- 4.14 Un par de edificios grandes, rodeados por una área de estacionamiento. Este es el Centro de las tiendas Líder y Sodimac. Debe enfatizarse que el color blanco representa la reflectividad visual-infrarroja de los techos de estos edificios— porque los vemos desde arriba— y no el color visual de sus paredes.
- 4.15 Color morado mediano, ni brillante ni oscuro.

4.16 Aquí tenemos la tabla resumen que debe llenarse con la información solicitada. Las respuestas de los estudiantes probablemente van a variar. Este ejercicio sirve como reforzamiento a las actividades de interpretación realizadas en la sección 4, y como preparación para el desarrollo de la sección 5. Hay espacios adicionales para respuestas alternativas por parte de los estudiantes.

Color	Contorno	Tamaño, en metros	Sitio	Superficie	Lugar
Morado muy oscuro o negro	Línea delgada y recta	1000's	En zona urbana	asfalto	Calles, caminos
	Curvatura suave	1000's	Dentro de la ciudad	agua	mar
	Línea delgada y curvada	1000's	Detrás la ciudad	agua	río
	Irregular	100's - 1000's	montañas	No es superficie	sombra
Verde brillante	Color parejo	1000's	En el valle	plantas	Campos de pasto o cosechas
	Irregular	1000's	En las montañas	plantas	Terrenos con maleza
Blanco	rectangular	100's	En zona urbana	Artificial (techo)	Techo del edificio
Café rojizo	rectangular	100's	En campo	Suelo desnudo	Campos desnudos o arados
Morado claro	En bloques	100's	En la ciudad	mezcla	Zona urbana promedia

5. Investigación de un lugar remoto

Hay muchas similitudes entre la zona La Serena - Coquimbo y Tucson, pero no todo es similar. Por ejemplo, Tucson se distingue por poseer numerosos campos de golf, y carecer de mar.

- 5.1 Derecho por arriba, lado derecho, y mitad del lado izquierdo.
- 5.2 Aquí habrían algunos tipos de vegetación. Podrían ser plantas, maleza, o árboles. En realidad, son bosques de pino.
- 5.3 El río lo más obvio de la imagen corre desde la mitad del lado derecho hasta la esquina de arriba a la izquierda. Se llama el Rio Rillito.
- 5.4 El río estaba seco, ya que se ve en color blanco, y no oscuro como agua. En la imagen de La Serena, la Quebrada de Santa Gracia es un ejemplo similar.
- 5.5 La carretera Inter – estatal 10, o “I-10”, corre en diagonal, a trazando la imagen, desde la parte de abajo del lado derecho hasta arriba al lado izquierdo. I-10 cruza desde el mar Atlántico hasta el Pacífico, a través de la frontera sur de los EE. UU.
- 5.6 Los alrededores de la zona urbana de La Serena-Coquimbo, son campos de cultivo con redes de regadío. Los alrededores de Tucson son desiertos abiertos, no irrigados. La precipitación anual promedio para ambos lugares es igual, cerca de 0,3 metros por año.

Los Andes surten el agua en el Valle del Elqui. Las montañas cerca de Tucson no son lo suficientemente altas o extensas como para llegar a ser una fuente de irrigación para el cultivo.

Es importante enfatizar que la escala de píxeles y el tamaño total de la Fig. 4 son iguales a los de Fig. 1 de La Serena.

- 5.7 Cualitativamente, la área urbana de Tucson es mucho más grande que la de La Serena - Coquimbo. Para responder cuantitativamente a este ítem, hay que contar los cuadros de la rejilla que contienen área urbana en Fig. 1 y en la Fig. 4. Se cuentan más o menos 20 cuadros para La Serena - Coquimbo y 120 para Tucson. Entonces, Tucson es más o menos seis veces más grande que La Serena - Coquimbo. Los resultados de los estudiantes podrían variar y ser un poco más o un poco menos que esa cantidad; ello depende de cuantos cuadros se cuentan como área “urbana”.
- 5.8 Si Tucson tiene un área seis veces más grande, tendría entonces, seis veces la población de La Serena, o sea cerca de 600.000 personas. Este cálculo asume que la densidad de la población es igual en ambos lugares. Datos del censo oficial indican que este número de 600.000 personas es correcto para la zona urbana de Tucson.

Mientras trabajan en los ítems 5.7 y 5.8, los estudiantes probablemente van a darse cuenta que Tucson es de color azulado y La Serena es de color morado claro. Esta diferencia sugiere que la mezcla de superficies que se ven desde arriba son diferentes en las dos ciudades. Ya que las plantas son verdes, y asfalto es morado oscuro o negro, en ambos imágenes de color falso, entonces es probable que los techos y las calles sean respectivamente de materiales diferentes, y tal vez la proporción de vegetación sea diferente también, como resultado de lo cual se forman colores promedio tan diferentes.

Las Preguntas 5.9 hasta 5.15 conducen a los estudiantes a seleccionar “rasgos misterios”, que investigarán en las preguntas 5.16 hasta la 5.18.

- 5.9 Otros ejemplos pueden ser encontrados en las secciones E-7, H-9, I-8, J-12. Y hay muchos otros.
- 5.10 Posibles respuestas aquí podrían incluir a parques, campos atléticos, cementerios, céspedes en los alrededores de edificios públicas, y zonas residenciales con hierba y árboles. Ejemplos de todas estas clases se encuentran en Fig. 4. Lo importante es que los estudiantes piensen de una manera lógica, en relación al tamaño, forma, y localización.
- 5.11 Ejemplos de esto están en las secciones D-4, E-5, I-10, K-6, y K-16. Una cosa es que estas masas de aguas son pequeñas; otra es que se encuentran en áreas verdes. Estas son en realidad lagunas artificiales puestas decorativamente en los parques, otras son trampas de agua puestos como obstáculos en los campos de golf, y en caso de D-4, es una laguna de tratamiento de aguas servidas.
- 5.12 Estas son zonas de estacionamiento para edificios comerciales y lugares de trabajo. Los autos particulares son la forma dominante de transporte para las personas en Tucson. Entonces, necesitamos muchos espacios de estacionamiento!
- 5.13 Lo que se ve aquí es un mall, similar al del Centro Lider - Sodimac. La localización, el tamaño, color, y el área oscura que lo rodea, debe guiar los estudiantes hacia esta conclusión. (El mall se llama El Con, en conmemoración de un antiguo hotel en ese lugar, llamado El Conquistador.)
- 5.14 No se va a revelar aquí la identidad de este rasgo. Se busca que los estudiantes desplieguen el pensamiento lógico. Ellos han aprendido que las áreas oscuras son, usualmente, agua o asfalto. Este rasgo está en pleno centro de la ciudad, y parece que hay calles que conducen a él. Tal vez es un estacionamiento muy grande, una pista de aviones, o un masa de agua de uso industrial.
- 5.15 Lo que aquí se ve son campos de golf. Las calles suelen regarse y están cubiertas de césped. Ya que agua en Tucson es cara, no se riegan los matorrales. Los estudiantes podrían concluir también, que estos son campos irrigados para la agricultura, con contornos irregulares determinados la topografía de la zona.

5.16, 5.17, 5.18. Las tres preguntas finales requieren interacción entre los alumnos de ambas ciudades. Esta parte del laboratorio es experimental. La mejor manera de definir, solicitar, recolectar, e intercambiar imágenes digitales se definirá durante el desarrollo de la actividad. Los requisitos claves para las “imágenes robóticas” son que estas se tomen en primer plano y desde una perspectiva horizontal al nivel del terreno. No hay necesidad de que se tomen a una hora en particular y la dirección dependerá de las condiciones de acceso.

Como en el caso de similares misiones de exploración planetaria, el “Control de la Misión” puede tomar decisiones como determinar que algunos lugares no se exploraran a causa de distancia, tiempo, u otros problemas de acceso. En este caso, los profesores involucrados serán el “control de la misión”.

En las preguntas de la sección 4, se sugirieron anteriormente unos blancos potenciales. En general, los blancos en la zona urbana son más viables de investigar. La zona en K-L, 12-13, es un base del Fuerza Área de los EE. UU. donde no se permiten ni civiles ni fotos.

Los profesores tal vez tendrán que guiar estudiantes para elegir blancos apropiados. Adicionalmente a los previamente sugeridos en los preguntas anteriores, aquí están unos rasgos curiosos o ambiguos de la imagen de Tucson Fig. 4:

- H-14: Forma azul, rectangular, en medio del área oscura
- I-8: Área grande, blanca, rectangular, pero con lados borrosos
- D-7: Colección de formas oscuras, junto al Rio Rillito
- H-9: Área pequeña, blanca, en forma de letra “U”, en un área verde

Pregunta para la discusión en clases o para otorgar “puntos extras ” a los estudiantes avanzados:

Si estamos de visita en otro planeta, ¿podríamos determinar solo por estas imágenes si es que estas zonas albergan una sociedad avanzada y de alta tecnología? Y si no podemos determinarlo, ¿cuales informaciones adicionales necesitaríamos para determinarlo?

Hay dos componentes en estas preguntas. Primero, ¿que cosas definen a una sociedad tecnológicamente avanzada? Las respuestas pueden incluir el uso de máquinas con fuentes de poder no de animales; la habilidad para almacenar y transmitir fuentes de poder energético con disponibilidad de uso en cualquier hora, por ejemplo, uso de carbón para generar electricidad; facultad de transmitir información a través de largas distancias. Segundo, ¿se detectan actividades de estos tipos en imágenes con una resolución 30 metros? Líneas de transmisión de electricidad, y vehículos pequeños, no se ven a esta resolución. Tal vez trenes o buques grandes serian detectables por su movimiento si se tuvieran imágenes posibles de analizar durante un periodo de tiempo continuo. Puede

anticiparse que los estudiantes entregarán muchas otras respuestas bien pensadas e imaginativas.

Solo la existencia de concentraciones urbanas, que incluya calles, caminos, y edificios grandes, es insuficiente para mostrar la presencia de alta tecnología. En la época de la Conquista de América, la ciudad Teotihuacan, capital de los Aztecas, fue mas grande que cualquier ciudad en Europa, con enormes calles, grandes edificios y un sistema de canales. Se puede objetar cualquier conclusión respecto a las respuestas señaladas con anterioridad, a partir de ejemplos de la propia historia humana. Los Holandeses usaban poderosas bombas de viento para bombear y sacar enormes cantidades de agua de mar de sus terrenos (aunque hay que admitir que solo cuando el viento soplaba lo suficiente). Torres de señalización de varios tipos se han usado desde la antigüedad para transmisión rápida de mensajes en código. Los Chinos construían enormes flotas de balsas gigantes y las usaban para viajar largas distancias, siglos antes del Cristóbal Colon. Varias sociedades han construido edificios grandes, o han dibujado figuras gigantes en el terreno, para propósitos religiosos. Ejemplos en el Nuevo Mundo son los templos de los Incas, y las líneas de Nazca en Perú.

Nuestros visitantes extraterrestres probablemente necesitarían imágenes de mucho mas alta resolución que de 30 m, para detectar indicaciones seguras de la presencia de alta tecnología en nuestro planeta. Por supuesto, la detección de emisiones electromagnéticas, como la radio y la televisión, serian una indicación segura (no obstante el contenido de estas transmisiones).