



Estudio de la cobertura del dosel con fotografía hemisférica

Estudio de la cobertura de dosel con fotografía hemisférica

Fundamentos

Aunque existen varias técnicas para el estudio de la cobertura del dosel (como los densitómetros y los densiómetros), estas adolecen en general de bastante imprecisión y de un importante componente de subjetividad, el cual es aún mayor cuando la toma de datos está a cargo de más de una persona. Por otro lado, el uso de estos aparatos puede ser desde bastante difícil a muy engorroso para el usuario.

Es un hecho generalmente aceptado que para proporcionar datos más confiables de cobertura del dosel, debe retirarse del proceso de medición tanto error humano como sea posible. Para ello, nada más idóneo que el empleo de fotografías, las cuales, si no son ya de origen digital, pueden digitalizarse mediante un “escáner” o rastreador, existiendo de estos varios tipos, siendo los más comunes los de escritorio, aunque existen otros que rastrean directamente el negativo. Cualquiera sea el caso, una vez digitalizadas las fotografías, pueden analizarse con software de procesamiento de imágenes.

No obstante, debido a la limitación del ángulo de apertura o de captura de los lentes convencionales, incluso los llamados “gran angulares”, la toma de fotografías del dosel con ellos deja por fuera del campo de visión una parte importante del firmamento. Para suplir esta deficiencia existen dos alternativas: una, conocido y calibrado el ángulo sobre el horizonte que es capaz de captar el lente cuando se apunta la cámara hacia el cenit, podrían tomarse fotografías en varios ángulos de inclinación respecto a éste y dando la vuelta hasta completar 360°, teniendo cuidado de no dejar áreas sin cubrir. Por supuesto, este método es bastante enfadoso, y puede ser muy impreciso, a menos que se tomen las fotografías con un trípode como el usado con los telescopios, en el cual pueden calibrarse con mucha precisión los ángulos de elevación sobre el horizonte. Pero, además de la complejidad asociada con estos instrumentos, suelen ser lo suficientemente voluminosos y pesados para desaconsejar su uso en las zonas apartadas y de difícil acceso donde se toman



Figura 1. Un lente hemisférico.

este tipo de datos. Por otro lado, ensamblar semejante mosaico de fotografías no es tarea fácil.

La otra alternativa es la utilización de fotografía hemisférica. Ésta provee de una vista hacia arriba de todo o parte del cielo. Usualmente este tipo de imágenes se obtienen con una cámara de video o fotográfica equipada con un lente hemisférico o de “ojo de pez” (*fish-eye lens*) (Figura 1) que se apunta hacia arriba, al cenit. La fotografía así lograda provee al investigador de un registro permanente que puede ser luego analizado para determinar qué partes del cielo son visibles y cuales están siendo obstruidas por el dosel del bosque. Así, se convierte en una fuente valiosa de información sobre la posición, tamaño, densidad y distribución de los claros del dosel. Con ella se pueden capturar las diferencias en la arquitectura del dosel, debidas a las especies, sitio y edad, basándose en la atenuación de la luz y el contraste dentro de la foto (cielo versus dosel). Basados también en medidas de la geometría de la visibilidad del firmamento y obstrucción del mismo, pueden usarse las fotografías hemisféricas para calcular regímenes de radiación solar y características adicionales del dosel como índice de área foliar, ángulo medio de las hojas a diversas horas del día, etc.

El análisis de fotografías hemisféricas se realiza con programas de análisis de imágenes; algunos de ellos son genéricos y gratuitos como el Scion Image, y el ImageJ, que pueden descargarse de Internet sin costo, aunque existen también “*plugins*” para programas comerciales de edición de imágenes como Adobe Photoshop. Además, hay software hecho expresamente para el análisis de fotografías hemisféricas del dosel de bosques, pudiendo mencionarse el Delta-T Hemi-View, el Tropenbos Hemiphot y el Regen WinScanopy, entre otros. Programas como éstos facilitan el análisis y procesamiento de grandes números de fotografías.

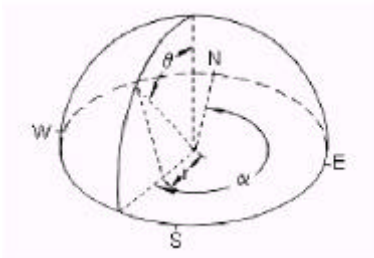


Figura 2. Proyección hemisférica.

Las fotografías hemisféricas generalmente suministran un ángulo de captura extremo, generalmente de 180°. En esencia, proporcionan una proyección de un hemisferio en un plano. La naturaleza exacta de la proyección varía según el lente usado. La geometría más simple es la proyección polar o equi-angular. En una proyección polar o equi-angular de un campo de visión de 180°, la imagen circular resultante (Figura 2) presenta una vista completa de todas las direcciones de la bóveda celeste, con el cenit en el centro de la imagen y los horizontes en sus bordes. En las proyecciones equi-angulares, el ángulo entre el cenit y cualquier punto en ella es directamente proporcional a la distancia a lo largo de un eje radial dentro de la imagen.



Figura 3. Un ejemplo de fotografía hemisférica

Dicho de otra manera, las fotografías hemisféricas representan ángulos y no distancias; cada punto corresponde a una coordenada referida al ángulo respecto del cenit y un acimut (Figura 3) en un sistema hemisférico de coordenadas. Por ello, cuando se toma una fotografía hemisférica del dosel es conveniente llevar un registro de dónde queda el norte en esa fotografía. Y así, la distancia en una foto hemisférica corresponde a ángulos, no a distancia como tal. El área corresponde entonces a un área angular o a lo largo de un hemisferio de direcciones. La verdadera distancia sólo podría calcularse si hubiese información adicional disponible, como la altura del dosel.

Protocolo de toma de fotografías del dosel



Figura 4. Ejemplo de toma de fotos con monópode auto-nivelante.

Existen diversos factores que pueden conducir al error en la toma de fotos del dosel. El principal de ellos es la posición de la cámara. Debe ser posible siempre que el trípode en el que ésta se monte permita verificar que el lente esté apuntando perfectamente hacia el cenit, de preferencia con un nivel de burbuja del tipo “ojo de pollo”. La calidad de la imagen es también crítica. Por ello, debe ponerse especial atención a variables como el tiempo de exposición, un firmamento bastante uniforme y que no haya reflejos brillantes (aquí es manifiesta la ventaja de las cámaras digitales, con las cuales pueden controlarse muchas variables). La uniformidad de la iluminación es muy importante, y es precisamente lo más difícil de obtener. Eso quiere decir que los mejores resultados se consiguen en días donde la contraluz sea pareja (como en días bien nublados), bastante de mañana o ya caída la tarde. El sol no debe salir en la foto, pues en ese caso se presentan reflejos en el follaje, y el área alrededor del sol, muy brillante, dificultará después establecer el contraste necesario para analizar la cobertura de dosel. Por eso, de ser posible, sólo se deberán tomar fotografías cuando el cielo esté nublado (ojalá completamente nublado).

Los pasos para tomar la fotografía pueden resumirse como sigue:

1. Ajuste del arreglo la cámara-trípode o monópode (Figura 4); ajuste del ASA, póngase la película y quítese la tapa del lente.
2. Posiciónese y nivélese la cámara a una altura adecuada sobre el suelo.
3. Oriéntese el arreglo hacia el norte magnético.

4. Ajústese el tiempo de apertura y de exposición.

5. Tómese la foto con el temporizador de la cámara. Asegúrese de mantener el cuerpo fuera del ángulo de visión del lente (v.g. agachándose o incluso tenderse, si es necesario)

Es generalmente buena idea tomar las fotos ajustando la velocidad del obturador a 125 (1/125) de segundo y ajustar consiguientemente el tiempo de exposición; la película ASA400 suele dar buenos resultados; igualmente, los filtros rojo y azul pueden aumentar el contraste entre el follaje y el firmamento. El registro a llevar debe contener, como mínimo, el número del rollo, número único de fotografía, y ubicación (coordenadas de GPS o de la cuadrícula de un transecto o compartimiento de la parcela). La hora, el día, el dato de ajuste de tiempo de exposición, altura sobre el suelo, condición del clima o del cielo y observaciones adicionales también deben registrarse. Las condiciones del cielo o climáticas pueden tener las categorías usuales en estos casos como soleado, parcialmente nublado, nublado, llovizna y lluvia. Debe planificarse un formulario de campo idóneo para registrar este tipo de datos.

Clasificación de imágenes

La clasificación de imágenes no es más que el proceso de distinguir las porciones libres o tapadas de la bóveda celeste. En el caso del dosel, ello significa distinguir las aberturas del dosel del follaje.

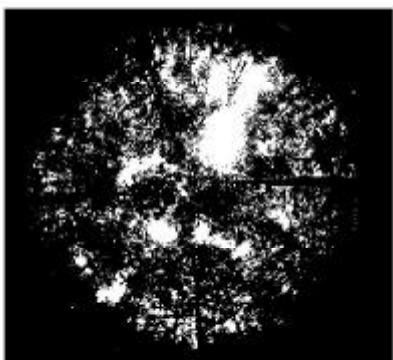


Figura 5. La misma figura 3, tras su transformación a imagen binaria.

El método más usado es el de un algoritmo de umbral o “*threshold*”, procedimiento que puede ser muy simple. El umbral es una intensidad de imagen (como el nivel de oscuridad de un color) a partir de la cual todo se clasifica como visible (v.g. el cielo) y por debajo de ella se clasifica como tapado (v.g. el follaje del dosel). También se conoce como segmentación de la imagen, en la cual se divide ésta en una serie de niveles de gris (valores de intensidad) en una clasificación binaria, o sea, blanco y negro (Figura 5). Establecer el valor correcto de gris a partir del cual se convertirá todo a blanco o a negro es entonces fundamental. Para el éxito de esta técnica hay que tener fotografías con un buen contraste, en el cual el follaje o cualquier cosa que obstruya el cielo sea siempre más oscura que las partes visibles del firmamento (como nubes oscuras). En la práctica, esto implica sobreestimar áreas grandes abiertas en el dosel cerca del cenit y sobreestimar áreas abiertas pequeñas del dosel cerca del

horizonte. Por supuesto, antes de volver binaria la imagen es posible retocarla para mejorar la precisión de la clasificación.

Referencias consultadas

- JONCKHEERE I., S. FLECK, K. NACKAERTS, B. MUYSA, P. COPPIN, M. WEISS Y F. BARET. 2004. Review of methods for in situ leaf area index determination; Part I - theories, sensors and hemispherical photography. *Agricultural and Forest Meteorology* 121:19-35.
- OBERBAUER, S.F., D.B. CLARK, D.A. CLARK, P.M. RICH, Y G. VEGA. 1993. Light environment, gas exchange, and annual growth of saplings of three species of rain forest trees in Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology* 9(4):511-523.