

Comparación de colorimetría del *Arceuthobium globosum* en imágenes de UAV y con iluminación LED.

L. A. León Bañuelos,^{1,2*} G. González Vázquez¹

¹Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo, Valle de Bravo, 51200, Estado de México., México

²Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) UAEM; México.

*leon.l@tesvb.edu.mx

Área de participación: Sistemas Computacionales.

Resumen

En la última década se ha destacado el uso de las tecnologías de teledetección, específicamente los vehículos aéreos no tripulados, los cuales permiten el monitoreo aéreo a bajas alturas, esto permite la obtención de resolución espacial fina. Estas tecnologías tienen un amplio desarrollo en sectores como la agricultura de precisión, sin embargo, en el sector forestal no se tiene un gran impacto en la identificación de plantas parásitas como el muérdago (*Loranthaceae*), que es el segundo agente que afecta los bosques. En estudios previos se han analizado técnicas colorimétricas de identificación *In situ* para el *Arceuthobium globosum*, presentando un sesgo en la obtención de píxeles debió al ruido de los elementos del entorno, por lo cual comparamos con un método controlado bajo iluminación de luz led blanca; se generaron estadísticas descriptivas, correlaciones y la implementación de filtros para generar patrones de colorimetría con mayor precisión que los obtenidos *In situ*.

Palabras clave: Drone, Píxel, Plantas parásitas, Descomposición RGB.

Abstract

In the last decade, the use of remote sensing technologies, specifically unmanned aerial vehicles, which allow aerial monitoring at low heights, allows for high spatial resolution. These technologies have extensive development in sectors such as precision agriculture, however, in the forestry sector it does not have a great impact on the identification of parasitic plants such as mistletoe (*Loranthaceae*), which is the second agent that affects forests. In previous studies, colorimetric identification techniques have been analyzed *in situ* for the *Arceuthobium globosum*, presenting a bias in obtaining pixels due to the noise of the surrounding elements, so we compared with a controlled method with white LED lighting; Descriptive statistics, correlations and the implementation of filters were obtained to generate colorimetry patterns more accurately than *In situ*

Key words: Drone, Pixel, Parasitic plants, RGB decomposition

Introducción

Las Tecnologías de la Información y la comunicación (TIC) interaccionan en habilidades, ideas, servicios y colaboraciones infinitas entre los seres humanos. En la última década ha destacado el uso de las TIC para la interpretación de datos implementado diversas herramientas para la captura de información a bajo costo de manera que se optimice el tiempo en la toma de información [Martin, 2016]. Una de las herramientas que ha sobresalido en los últimos años es la implementación de vehículos aéreos no tripulados (UAV por sus siglas en inglés) también llamados drones, los cuales reducen los costos en comparación con las técnicas de monitoreo tripuladas y obtienen un alto detalle en las imágenes ya que se puede manipular de manera autónoma en bajas alturas, imposibles para otros vehículos [Anderson y Gaston 2013].

Las aplicaciones que se tienen con UAV se desarrollan principalmente en agricultura de precisión ya que evitan el contacto humano y mantienen un control total de las áreas supervisadas. En el ámbito forestal aun es poca la aplicación debido a las condiciones de densidad de los bosques o a las amplias áreas territoriales y aunque son utilizadas como auxiliares en el monitoreo de fauna y seguimiento de incendios forestales; aún se ha dejado un área de oportunidad importante y con necesidades específicas para fortalecer las técnicas de sanidad forestal [Sotier, 2014].

El decaimiento del bosque se ha asociado a la interacción de múltiples factores, entre ellos las plantas parásitas [Allen et al, 2010]. El muérdago es una planta parásita que afecta los bosques de alta montaña y es el segundo agente biológico de perturbación en los bosques de clima templado [Geils y col., 2002], para detectar los brotes en áreas territoriales extensas el procedimiento es muy costoso e implementa una gran cantidad de personas y tiempo. El empleo de las imágenes satelitales no es eficiente debido al detalle (resolución espacial < 10 cm por pixel) que se necesita para identificar su presencia en el hospedero [Barnoaiea y Iacobescu, 2008].

Los UAV posibilitan el desarrollo de una teledetección con alta resolución espacial que si se aprovechan en conjunto con herramientas de software permiten realizar estudios de monitoreo y captura de imágenes que incluyan el tratamiento e interpretación de datos, por ejemplo, en estudios previos se validó la identificación del MEA con imágenes obtenidas por UAV, sin embargo, tienen un sesgo que se da por elementos que generan ruido en la imagen debido a que presentan colorimetría similar [León-Bañuelos y col., 2019].

Por lo tanto se obtuvo la colorimetría del MEA con un método controlado expuesto a luz led blanca tomando en consideración que es la que se asemeja a la luz solar, Zhang y Foltá, [2012] mencionan que las plantas responden al color de la luz, la luz LED (light emitting diode) ofrece ventajas como son el control de la composición espectral (Massa y col., 2008); con el objetivo de obtener pixeles con una mejor precisión que en el entorno in situ, sin la interferencia de los elementos del entorno y garantizar que los pixeles obtenidos son parte del MEA, a diferencia de los pixeles obtenidos de las fotografías aéreas in situ en los cuales se tiene la posibilidad de obtener pixeles erróneos.

Metodología

La metodología se llevó a cabo con base en estudios previos con el algoritmo de descomposición colorimétricas CRPL [León-Bañuelos y col., 2019].

Plataforma de captura de imágenes

Para la captura de imágenes In situ se utilizó la cámara integrada del UAV quadcopter (DJI Phantom 3 standard), el cual está equipado con sistema de navegación GPS, despegue y aterrizaje automático controlado mediante la aplicación móvil DJI GO, telemetría y transmisión de video vía Wi-Fi. De igual forma se utilizó la misma cámara en la captura de las imágenes controladas con iluminación de luz blanca para evitar diferencias por el sensor de captura. Las características de la cámara se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1 Cámara integrada DJI Phantom 3 Standard [Fuente DJI Oficial]

Cámara Integrada DJI	
Sensor	1/2.3" CMOS Effective pixels:12 M
Lens	FOV 94° 20 mm (35 mm) f/2.8
Image Size	4000×3000
Still Photography Modes	Single Shot Auto Exposure Bracketing (AEB): 3/5 Timelapse
Video Recording Modes	2.7K: 2704 x1520p FHD: 1920x1080p HD: 1280x720p
Photo	JPEG, DNG (RAW)
Video	MP4, MOV (MPEG-4 AVC/H.264)

Área de estudio

La captura de fotografías aéreas se realizó en el mes de noviembre de 2016 en el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFFNT), la cual se ubica dentro de las cumbres más altas de México (4,660 msnm) y constituyen uno de los principales suministros de servicios ambientales del centro de México, tal es el caso de

los escurrimientos que nacen en las laderas que aportan a dos de las cuencas hidrológicas más importantes del país, debido a su enorme capacidad de captación de agua [CONANP, 2017]. Los pinos (*Pinus* spp.) y abetos (*Abies* spp.) ocupan aproximadamente 66% del área total del APFFNT [Franco y Burrola, 2009], los cuales están siendo amenazados por una tendencia al cambio de uso de suelo y la presión antrópica, lo que repercute en la pérdida de la biodiversidad, proliferación de plagas y enfermedades, así como en la afectación de los suelos [Franco y col., 2006].

Captura de imágenes para obtención de colorimetría.

Arceuthobium globosum es una planta hemiparasita de coloración amarilla, corta altura, tallos quebradizos, con un periodo de floración en marzo-abril y fructificación en Agosto [Hawksworth y Wiens, 1996] su color cambia de acuerdo con la etapa fenológica en la que se encuentra, también es llamado Muérdago Enano Amarillo (MEA). Leon-Bañuelos y colaboradores 2019 divide las coloraciones de la fenología como: joven(verde), adulto(amarillo) y senescente (marrón) para su identificación con el método Colorimetric Ranges at Pixel Level(CRPL).



Figura 1. *Pinus hartwegii* infestado por MEA en el APFFNT.

Sin embargo, el método tiene sesgo por los elementos del entorno que presentan colorimetrías similares, principalmente acículas cecas o segmentos de pastizales. Por lo tanto, se aplicó el método CRPL en un entorno controlado con luz blanca para validar la obtención de la colorimetría de forma que disminuya el sesgo del método.

La captura de imágenes del entorno In situ se realizó con el UAV a una altura de 55 a 60 metros de altura del punto de despegue con una distancia de 5 a 10 metros sobre el pino en condiciones de iluminación soleadas (mayor 24999 luxes [Bunning y Moser, 1969]). Por su parte para el entorno controlado Se realizó sobre un cubo de 35 centímetros, dejando orificios en la parte superior con la finalidad de introducir la cámara del UAV, la iluminación se generó con luz blanca emitida por 16 leds con una intensidad luminosa de 25,000 luxes simulando el entorno soleado. Se utilizó un fondo negro para evitar la interferencia de otros colores.

Obtención de rangos colorimétricos

Para la definición de los rangos de color del MEA con el método controlado se colectaron muestras aleatorias en una parcela de 2 ha. Por su parte para el método in situ se tomaron fotografías aéreas en la misma parcela. Como resultado, se seleccionaron 12 fotografías para cada entorno, las cuales se clasificaron de acuerdo con la tonalidad de color: 4 de color verde (joven), 4 de color amarillo (adulto) y 4 de color marrón (senescente) según la etapa fenológica descrita por [Cibrián y col., 2007]. De estas imágenes se obtuvieron 36 (píxeles) del MEA utilizando la herramienta Instant Eyedropper 1.9.1 (2016), los datos obtenidos se registraron de acuerdo con la Tabla 2 en formato RGB de 0 a 255 en valor digital [Saghri y col., 1998] [Das, 2004].

Tabla 2 diseño para la obtención de colorimetría		
Entorno	Tonalidad	Repeticiones
		R-G-B

1.- Luz Blanca Controlada (LBC)	1.-Verde	N=36
	2.-Amarillo	N=36
	3.- Marrón	N=36
2.- Luz Solar In Situ (LSI)	1.-Verde	N=36
	2.-Amarillo	N=36
	3.- Marrón	N=36

Se obtuvieron las estadísticas descriptivas de cada entorno como un primer acercamiento para observar su similitud, así mismo para identificar patrones en el comportamiento de los subpíxeles RGB se generaron las gráficas de los subpíxeles RGB. Los datos RGB no presentaron normalidad de acuerdo con la prueba de Kruskal-Wallis y para identificar las correlaciones entre los subpíxeles se aplicó la correlación de Spearman. Por último, se ejecutó el algoritmo CRPL (figura 2) programado en el lenguaje java para la identificación del MEA con los rangos de ambos entornos.

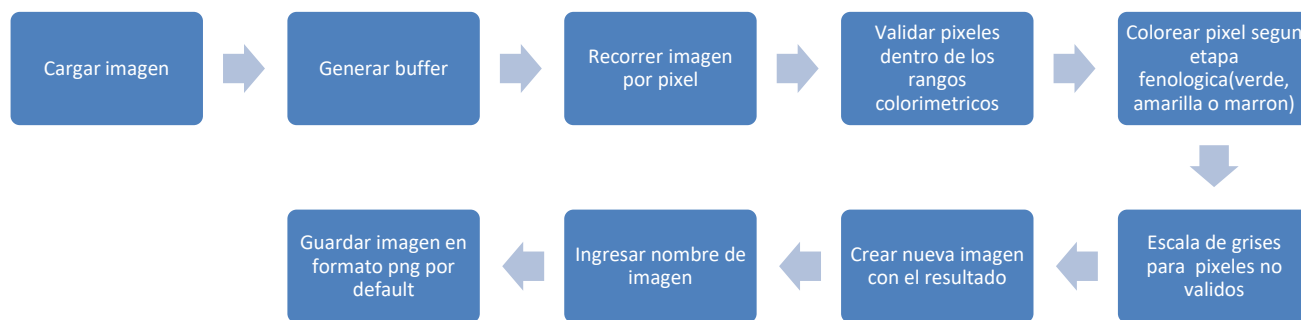


Figura 2. Algoritmo de identificación CRPL.

Resultados y discusión

Estadística descriptiva In situ y controlada luz blanca

En el entorno controlado las medias indican que los subpíxeles verdes tienen valores digitales mayores a los subpíxeles rojos y azules, esta diferencia se nota en cada una de las muestras obtenidas, esto indica que la luz blanca favorezca a los subpíxeles verdes(Tabla 3) y altera la colorimetría original del MEA en comparación con los resultados obtenidos en el tratamiento in situ que se muestra en la Tabla 4, generando un margen de error muy amplio debido a que el dosel del pino tiene tonalidades verdes. Sin importar si se regula la intensidad de luz blanca para simular el entorno soleado o nublado, los subpíxeles verdes siguen favorecidos con un incremento en su valor digital.

Tabla 3 Estadística Descriptiva del tratamiento 1 LBC: Soleado

	CLASIFICACIÓN VERDE			CLASIFICACIÓN MARRON			CLASIFICACIÓN AMARILLA		
	R	G	B	R	G	B	R	G	B
Media	171	222.666	108.888	215.888	225.888	144.444	208.444	211	83.333
Máximo	187	239	133	255	253	191	230	243	121
Mínimo	139	199	75	167	179	93	183	178	41
Rango	48	40	58	88	74	98	47	65	80
Desviación	16	12.944	18.058	23.344	20.754	29.029	15.341	19.113	22.400
n									

Tabla 4 Estadística descriptiva del tratamiento 2 LSI: Soleado. Fuente (León-Bañuelos y col., 2019)

	CLASIFICACIÓN VERDE			CLASIFICACIÓN MARRON			CLASIFICACIÓN AMARILLA		
	R	G	B	R	G	B	R	G	B
	145.444	134.555	76.5277		95.3611		182.333	152.916	82.9444
Media	4	5	7	114	1	52	3	6	4
Máximo	171	164	113	150	122	81	212	177	109
Mínimo	104	103	47	91	70	12	134	106	48
Rango	67	61	66	59	52	69	78	71	61
Desviació	12.9022	13.8653	14.1803	13.3020	12.6252	20.1328	18.7246	16.3849	14.2944
n	9	1	5	4	6	9	1	1	1

Correlación de subpíxeles RGB del tratamiento In situ y controlado.

Los resultados demuestran una relación directa en ambos tratamientos entre los subpíxeles R y G respectivamente, en todas las clasificaciones de tonalidad con una correlación positiva a un nivel de significancia de $p < 0.01$, con la diferencia que el tratamiento In situ domina el pixel Rojo con una separación entre R-G de 20 puntos y en el tratamiento controlado domina el subpixel verde con una separación mínima, es decir que se mantienen en los mismos rangos, esto debido a que son los encargados de dar la tonalidad verde, amarilla y mostaza, el MEA, mientras que los subpíxeles azules son los encargados de dar la intensidad de brillo. Por su parte B tiene una correlación positiva a un nivel de significancia $p < 0.05$ la cual indica que no es tan dependiente del subpixel dominante como R y G.

Para comprender la relación que existen en los subpíxeles se tabularon los datos de cada tratamiento en la tonalidad amarilla y se puede apreciar que hay una tendencia a aumentar o disminuir con respecto al valor de los subpíxeles rojos y verdes, esto comprueba la relación directamente proporcional obtenida en la prueba de Spearman como se visualiza en la Figura 3.

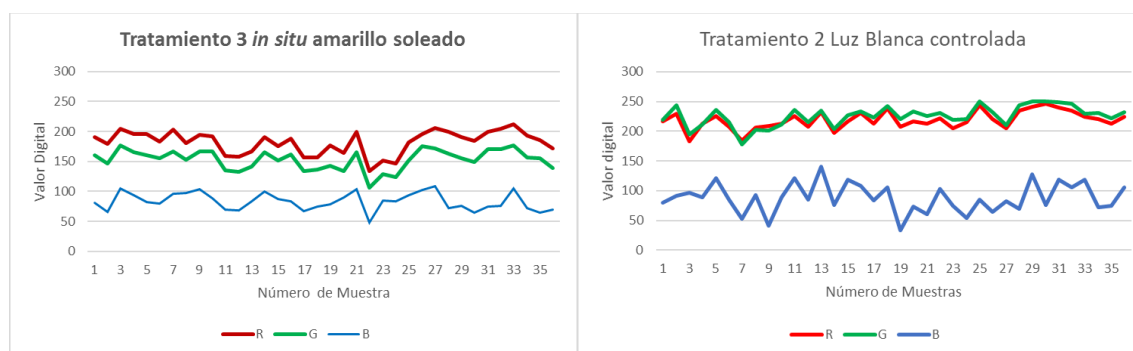


Figura 3 Tabulación de subpíxeles RGB de la tonalidad amarilla

Ejecución del algoritmo CRPL en condiciones In situ y controladas

Los datos indican que no tienen similitud en el comportamiento y por lo tanto en la tonalidad. Para tratar de asemejar los datos del tratamiento controlado, se modificaron los valores de los subpíxeles R y G restando 50 en

valor digital, así mismo se sumaron 20 puntos a la distancia entre R y G con la finalidad de tomar un patrón correspondiente al tratamiento In situ.

Se realizó la aplicación del algoritmo con los rangos de ambos tratamientos incluyendo las modificaciones de valores en el controlado. Los resultados se muestran en la Figura 4

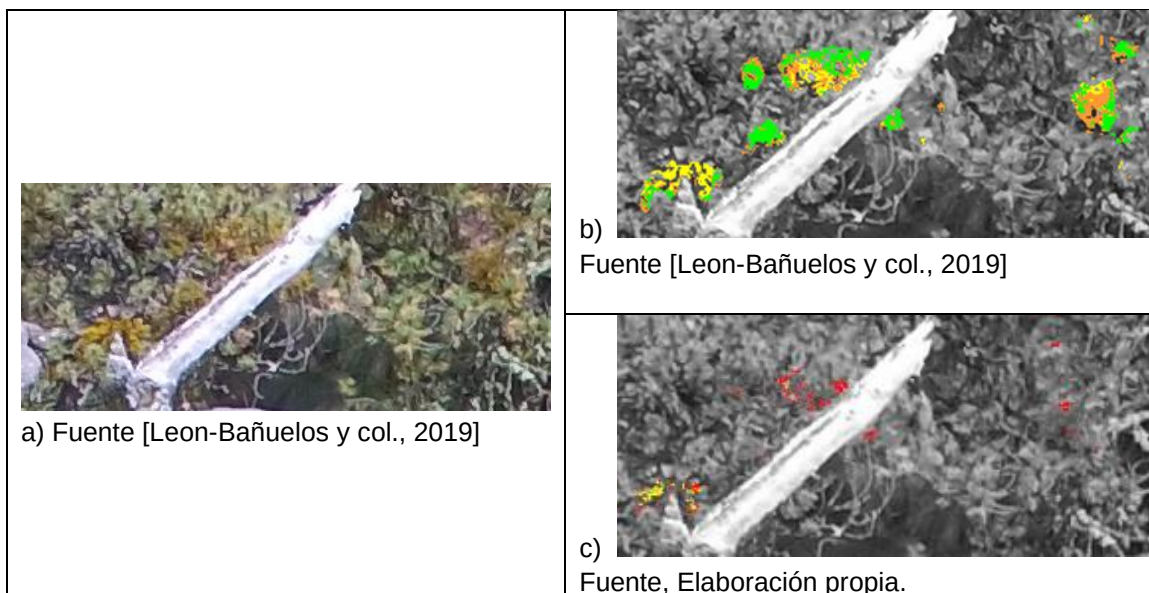


Figura 4 Resultados de algoritmo CRPL, a) Colorimetría original, b) Identificación con Rangos In situ, c) Identificación con rangos controlados de Luz Blanca

La identificación del tratamiento controlado no tiene similitud en la identificación, por lo tanto, no es viable la obtención con luz blanca. Como últimas pruebas se utilizaron filtros Rojos, Verdes y Azules, para destacar la obtención de pixeles del MEA; no fue posible obtener la tonalidad ya que se modifica el rango de algún color en particular.

Al combinar diferentes colores en los filtros(Amarillo, Azul, Rojo) se puede llegar a una tonalidad similar, pero la graduación del nivel de cada uno debe ser precisa y en este caso no nos fue posible obtenerla. Los filtros utilizados se muestran en la Figura 5.



Figura 5 implementación de filtros para obtención de colorimetría.

Trabajo a futuro

Es necesario analizar las diferentes técnicas de refracción para obtener la mayor precisión en el algoritmo de identificación. También se trabajará con algoritmos de clasificación para el reconocimiento de patrones, excluyendo las áreas que no pertenecen a la masa forestal.

Conclusiones

En este estudio concluimos que la luz LED blanca es una alternativa que ha tenido resultados en el cultivo de platas al tener similitud con las propiedades de la luz solar y la capacidad de adaptación de las plantas, sin embargo, en la descomposición colorimétrica de los pixeles se modifica la colorimetría del MEA favoreciendo el subpixel G a diferencia de la colorimetría original en la que predomina R. Aunque se tiene una mejor precisión en la obtención de pixeles en el entorno controlado, no hay similitud en el comportamiento de los subpíxeles, así mismo el uso de filtros puede ser útil siempre y cuando se tenga control de la graduación de color y la combinación de colores para crear una equivalencia con los resultados del entorno in situ.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer el apoyo brindado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) en el Programa de Gestión del proyecto para el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (No. 3674 / 2014E), al Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo y al Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) UAEM.

Referencias

1. Anderson, K., And K. J. GAston. 2013. Lightweight unmanned aerial vehicles will revolutionize spatial ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment* 11: 138–146
2. Barnoaiea, I., Iacobescu, O. 2008. Using pixel and object based IKONOS image analysis for studying decay in silver fir stands. *Annals of Forest Research* 52(1): 151-162.
3. Bunning, Erwin; and Moser, Ilse (Apr. de 1969). Interference of moonlight with the photoperiodic measurement of time by plants, and their adaptive reaction. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 62 (4): 1018-1022.
4. Cibrián, D., Vázquez, I. y Cibrián, J. (2007). Muérdagos enanos del género *Arceuthobium*. En D. Cibrián, D. Alvarado y S. García (Eds.), *Enfermedades forestales en México* (pp. 357– 395). Montecillo, Estado de México, México: Universidad Autónoma de Chapingo.
5. Consejo de Areas Naturales Protegidas (CONAMP). Programa de Manejo Area de Proteccion de Flora y Fauna Nevado de Toluca. 2017. México, 4-11.
6. Das I.C., 2004. Spectral signatures and spectral mixture modeling as a tool for targeting aluminous laterite and bauxite ore deposits, Koraput, India. www.gisdevelopment.net/application/geology/mineral/geom0017.htm
7. Franco MS, Regil-Garcia HH, y Ordoñez Díaz JA B (2006) Dinámica de perturbación-recuperación de las zonas forestales en el Parque Nacional Nevado de Toluca Madera y Bosques, 12(1), pp 17-28
8. Franco, M. S., y Burrola, A.C., 2009. Los hongos comestibles del parque nacional nevado de Toluca. México: Universidad Autónoma del Estado de México.
9. Geils, B.W., Wiens, D., and F.G. Hawksworth. 2002. *Phoradendron* in Mexico and the United States. In: *Mistletoes of North American Conifers*. Geils, B.W., Cibrián-Tovar, J., Moody, B. (Tech. Coords). Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-98. Ogden. UT:US. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. p. 19-28.
10. Hawksworth, F. y D. G. Wiens (1996). *Dwarf Mistletoes: Biology, Pathology, and Systematics*. Washington, D. C.: United States Department of Agriculture/Forest Service
11. León-Bañuelos, et al. J. For. Res. (2019). <https://doi.org/10.1007/s11676-019-00954-5>

12. Massa, G.D.; H.H. Kim, R.M. Wheeler, y C.A. Mitchell, 2008. "Plant productivity in response to LED lighting". Hortscience, 43(7): 1951-1956.
13. Martín, S. de P. (2016). EL USO DE LAS TICs EN LA GESTIÓN EMPRESARIAL. 17, 18. Retrieved from <http://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/23407/1/TFG-O 967.pdf>
14. Saghri J.A., Laghar M. S., Boujarwah A., Tescher A. G., 1998. Spectral-signature-preserving compression of multispectral data, Applications of digital image processing. Conference No21, San Diego CA, ETATSUNIS (21/07/1998) 1998, 3460: 399-410.
15. Sotier, B. (2014). High resolution aerial images from UAV for forest applications State-of-the-Art. Forest Resources & LiDar, (2).
16. Zhang T., y K.M. Folta, 2012. "Green light signaling and adaptive response". Plant Signaling & Behavior, 7(1): 1-4.