

Utilización de datos radiométricos espacial y terrestre para el estudio e inventario de la vegetación de los Llanos Orientales de Colombia

Georges Rippstein y Colette M. Girard*

Introducción

El uso y el manejo de las tierras a nivel nacional, local y de finca, requieren un inventario preciso de cultivos, pastos artificiales y naturales, selva y áreas degradadas. La utilización de imágenes de satélites, en combinación con observaciones y mediciones efectuadas en el campo, permiten este inventario (Girard y Girard, 1989).

En los estudios ecológicos de los Llanos Orientales de Colombia, realizados por la sección Manejo de Sabana Nativa del Programa de Tierras Bajas del CIAT, se han analizado las observaciones que el satélite SPOT HRV ha efectuado sobre zonas bien conocidas de dicha región. Esto ha permitido comprobar el aporte de los sistemas de control remoto, entre ellos el satélite SPOT, para identificar, clasificar e inventariar, en épocas seca y lluviosa, los principales tipos de vegetación existentes.

En este artículo, utilizando una "ventana" de imagen de satélite, se presentan dos clasificaciones: (1) el uso de la tierra, y (2) los tipos de pasturas, con la superficie relativa de cada una de ellas.

Materiales y métodos

Características de la zona. El estudio se realizó durante 1991 en el Centro de Investigaciones CI.

* CIAT/CIRAD-EMVT, Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia, e INAPG- Laboratoire de Geobotanique, 78850 Thiverval-Grignon, Francia, respectivamente.

Carimagua, a 4° 30' de latitud norte y 71° 30' de longitud oeste, en la Altillanura plana de los Llanos Orientales de Colombia. La extensión de la Altillanura plana es de 3.5 millones de hectáreas (Vera y Seré, 1985), equivalentes a 3% del territorio colombiano o a 20% del total de las sabanas de los Llanos Orientales. Comprende una banda de 60 km de ancho por 580 km de largo al sur del río Meta, desde Puerto López al oeste, hasta la frontera con Venezuela al este.

La región presenta un período de sequía de 4 meses, que va desde diciembre hasta marzo, y un período lluvioso de 8 meses. La precipitación, promedio anual, es de 2171 mm. El promedio mensual de las temperaturas máxima y mínima en época seca es de 33.5 y 21.5 °C, y de 31.7 y 21.5 °C en época lluviosa, respectivamente. La humedad relativa es de 70% en época seca y de 85% en época lluviosa.

Los suelos, de baja fertilidad, se clasifican como Oxisoles (Haplustox Típicos), generalmente muy ácidos (pH = 4.1 a 5.1) con alta saturación en aluminio (82%), baja disponibilidad en fósforo (1 a 2 mg/kg) y baja capacidad de intercambio catiónico (3.4 meq/100 g de suelo) (Spain, 1979).

La vegetación nativa de los "bancos" es una sabana herbácea, casi sin arbustos ni árboles. En los márgenes de los bosques de galería existen "bajos" con una vegetación más o menos arbustiva; estos bajos son de gran importancia como fuente de agua y alimento para los animales durante la época seca.

En un estudio reciente (Rippstein et al., s.f.) se identificaron y analizaron en la región ocho grupos de vegetación nativa. Las especies más frecuentes, entre 158 que se encontraron, son: *Axonopus purpusii*, *Paspalum pectinatum*, *Schizachyrium hirtiflorum*, *Trachypogon vestitus* y *T. plumosus*, *Andropogon selloanus*, *Paspalum clavuliferum*, *Rhynchospora* spp., *Andropogon bicornis* y *Mesosetum loliiforme* (Escobar et al., 1993). La biomasa aérea de las especies nativas al final de la época lluviosa es, en promedio, de 2.3 t/ha de MS en zonas con suelos arenosos, y de 3.7 t/ha de MS en zonas con suelos arcillosos. La producción diaria de MS es de 10.5 kg/ha en la época lluviosa y de 4.0 kg/ha en la época seca, en cortes cada 4 semanas (Rippstein, 1991).

Metodología. En enero, marzo y septiembre de 1991, se tomaron tres imágenes del satélite SPOT HRV (Sistema para la Observación de la Tierra) centradas sobre el Cl. Carimagua. Las observaciones se tomaron del satélite por un captor multiespectral (XS) en las tres bandas del amarillo-verde (0.50-0.59 nm), del rojo (0.615-0.680 nm) y del cercano Infra-rojo (0.79-0.89 nm), con una resolución de 20 x 20 m, equivalente a 1 "pixel" (picture element). La imagen corresponde a un área de 60 x 60 km, o sea, a 9 billones de pixeles o puntos elementos (Girard y Girard, 1989). En enero y septiembre del mismo año, se tomaron datos de reflectancia a nivel del suelo, con un radiómetro CIMEL en las mismas frecuencias del captor XS del SPOT.

Los estudios a nivel del suelo se utilizaron para definir parcelas testigo (Rippstein, 1994) que se analizaron con las imágenes SPOT correspondientes a marzo y septiembre (Rippstein y Girard, s.f.) y se continuó con las etapas siguientes:

1. Clasificación de los grandes tipos de ocupación del suelo, utilizando la clasificación de reflectancia establecida a nivel del campo.
2. Clasificación de cultivos, pasturas, tipos de sabanas y zonas bajas, a partir de los resultados de la clasificación anterior.

En marzo de 1993, se hizo en el campo la verificación de las clasificaciones. Para los cálculos se utilizó el Programa Multiscope (CAP SESA), el cual permitió, en cada clase definida, determinar la superficie relativa (porcentaje de la superficie total para una ventana de 418 km²), y el porcentaje de la precisión establecida para la matriz de confusión

entre las zonas testigo y las características de las clases. Estas observaciones se hicieron a nivel de todos los pixeles de la ventana.

Resultados y discusión

Uso de la tierra

La primera clasificación (Cuadros 1 y 2) permite distinguir ocho clases de vegetación herbácea, según su edad y manejo; también permite clasificar los bosques de galería y las lagunas.

La clasificación obtenida se considera buena, siendo mejor para la época lluviosa que para la seca (3.0% y 10.7% de pixeles no clasificados, respectivamente). Los valores de la matriz de confusión (porcentaje de pixeles no confundido con otras clases) son satisfactorios (entre 85% y 99% en marzo y entre 86% y 100% en septiembre).

En esta primera clasificación se puede observar:

- La importancia de las quemas de la sabana nativa (50% del área total: unidades 1, 2, 3 y 4 del Cuadro 1), en la cual una parte puede considerarse como zona degradada (sobrepastoreada) y sensible a la erosión si la pendiente es mayor de 2% o las hormigas son muy activas y los hormigueros abundantes.
- El estado fenológico de las especies dominantes permite distinguir algunos de los diferentes tipos de sabana nativa (Cuadro 1 e Imagen 1), pero no todos los tipos definidos a nivel del campo (Rippstein et al., s.f.). Así, el color verde en la parte derecha de la Imagen es una pastura natural dominada por *Schizachyrium hirtiflorum* sobre suelos arenosos, y el amarillo, a la izquierda, es una sabana nativa dominada por *Trachypogon vestitus* sobre suelo arcilloso.
- Las áreas reducidas de bosque de galería (6.6%) y de bajos (4.0%). En el Cuadro 2 y la Imagen 2 se observa que en la época lluviosa el uso de la tierra y los porcentajes relativos de los tipos de vegetación son muy diferentes a los de la época seca. Estos cambios entre épocas se deben a la evolución de la vegetación por el efecto de la quema, ya que en la época de lluvias no se puede quemar bien; por tanto, la cobertura del suelo por la

Cuadro 1. Unidad, uso de la tierra y superficies relativas identificadas, según datos del satélite SPOT HRV. Marzo de 1991 (época seca). Llanos Orientales de Colombia.

Unidad y uso de la tierra	Superficie (%)	Píxeles bien clasificados (%)
1. Quema muy reciente (0 a 1 mes). Suelo desnudo + ceniza	1.06	97.7
2. Quema reciente (1 a 2 meses). Suelo desnudo sin ceniza	1.20	98.5
3. Sabana > 5 meses después de la quema. Suelos arcillosos	27.74	85.3
4. Sabana abierta (suelo visible: hormigueros). Pasturas degradadas (sobrepastoreo)	20.47	93.0
5. Sabana > 5 meses después de la quema. Suelo areno-limoso con <i>Schizachyrium hirtiflorum</i>	9.43	99.1
6. Suelo desnudo con quema reciente	2.66	97.5
7. Sabana húmeda (bajos) y pasturas cultivadas	4.04	99.8
8. Sabanas secas (viejas)	15.82	90.0
9. Bosque de galería	6.61	99.9
10. Agua libre + ríos	0.26	100.0
Total clasificado	89.32	—
Total no clasificado	10.68	—

Cuadro 2. Unidad, uso de la tierra y superficies relativas identificadas, según datos del satélite SPOT HRV. Septiembre de 1991 (época lluviosa). Llanos Orientales de Colombia.

Unidad y uso de la tierra	Superficie (%)	Píxeles bien clasificados (%)
1. Rebrotos después de la quema de la época seca (< 1 año)	9.62	88.1
2. Sabana ≥1 año después de la quema (medianamente clorofílica)	34.73	98.8
3. Sabana ≥1 año después de la quema (bastante clorofílica)	17.40	86.7
4. Sabana seca y biomasa importante (quema más de 1 año)	11.17	99.6
5. Sabana abierta húmeda; sabana joven muy pastoreada y pasturas cultivadas sobrepastoreadas (suelo aparente)	8.35	100.0
6. Bajos + zonas decrecidas de las lagunas	1.61	99.8
7. Sabana joven, pasturas cultivadas joven o degradada; zonas arbustivas	1.08	99.8
8. Suelo desnudo o pasturas cultivadas degradadas	1.78	99.5
9. Bosque de galería + bajos	10.48	100.0
10. Agua libre + ríos extensos	0.70	97.7
Total clasificado	96.92	—

1. Negro	Quema muy reciente
2. Gris	Quema reciente
3. Verde	Sabana densa
4. Fucsia	Sabana abierta
5. Amarillo	Sabana sobre suelo arenoso
6. Castaño	Suelo descubierto
7. Rosado	Sabana húmeda y pasturas cultivadas
8. Gris claro	Sabana sola
9. Rojo	Selva de galería
10. Azul	Agua
11. Blanco	No clasificado

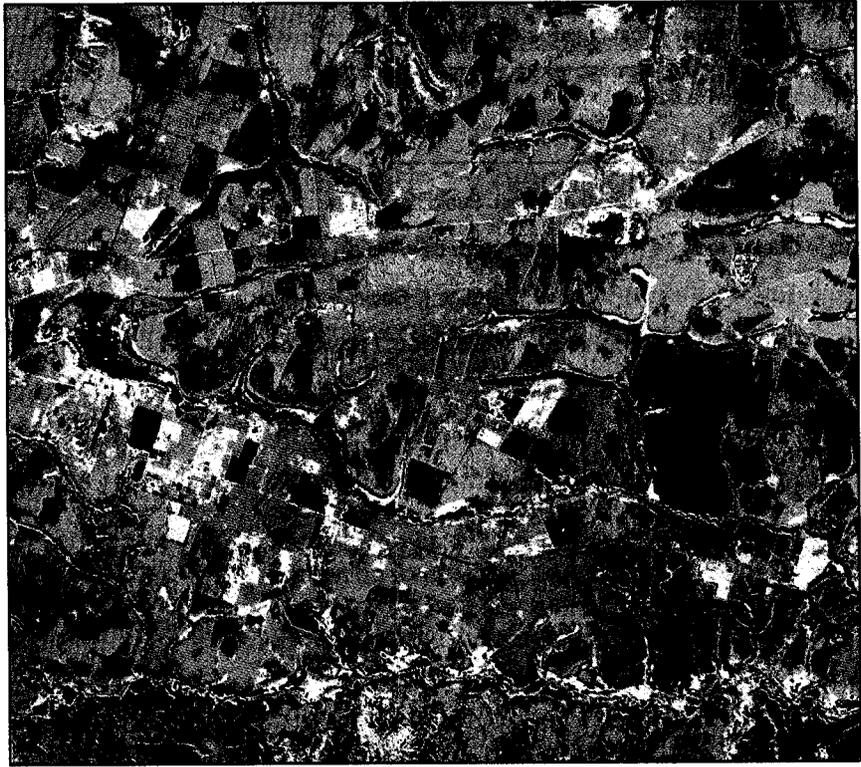
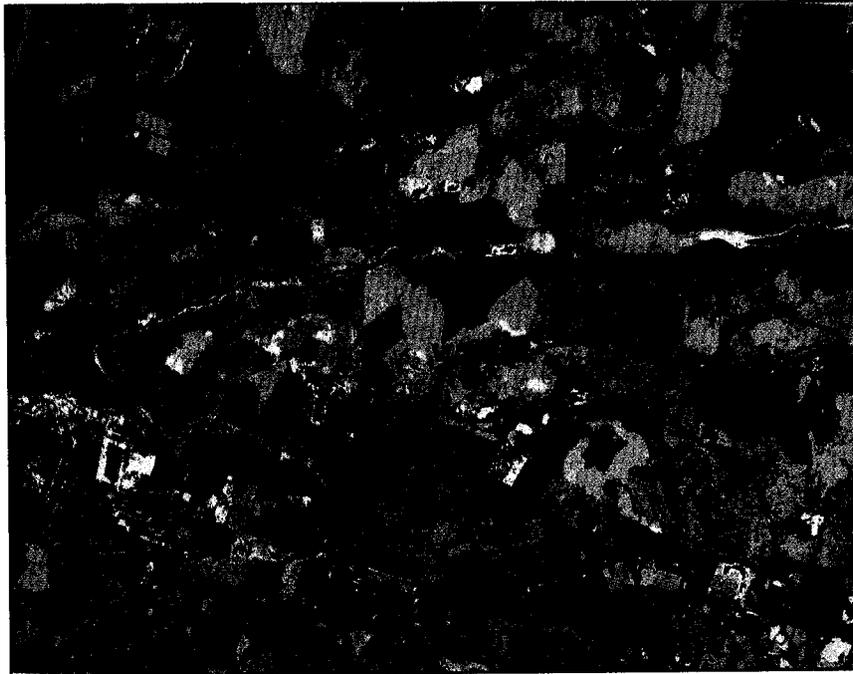


Imagen 1. Tipos de uso de la tierra en los Llanos Orientales de Colombia. Marzo de 1991 (época seca).



1. Verde	Sabana reciente quemada (>1 año)
2. Verde claro	Sabana (quema > 1 año) mediana clorofila
3. Beige	(amarillo claro) Sabana (quema > 1 año) bastante clorofílica
4. Gris claro	Sabana seca
5. Fucsia	Sabana húmeda y pasturas cultivadas
6. Negro	Bajo
7. Rosado	Pasturas cultivadas y sabanas degradadas
8. Amarillo	Suelo descubierto y pastos degradados
9. Rojo	Bosque de galería
10. Azul	Agua
11. Blanco	No clasificado

Imagen 2. Tipos de uso de la tierra en los Llanos Orientales de Colombia. Septiembre de 1991 (época lluviosa).

vegetación y el efecto de la clorofila son más importantes en esta época sobre la reflectancia.

- Las zonas degradadas, que tienen pocas plantas y, por consiguiente, baja presencia de clorofila y grandes extensiones de suelo descubierto, variaron entre 50% y 11.2% (clases 5, 7, 8 del Cuadro 2). Las pasturas naturales, quemadas en época seca, renovaron su biomasa anterior. Pero no aparecen en la imagen los cultivos degradados por la presencia de malezas, o las pasturas degradadas por la presencia de especies de baja palatabilidad.
- Las pasturas viejas (sabana nativa y pastos seleccionados con una edad mayor de 1 año) cubren casi 30% de la Imagen 2 (clases 3, 4 del Cuadro 2).
- Las pasturas cultivadas y las naturales bien utilizadas, que tienen un importante efecto de clorofila, suman 44.35% de la Imagen 2. Se nota también que con la radiometría terrestre (Rippstein, 1994) no es posible discriminar

entre pasturas cultivadas y naturales bien utilizadas (a veces sobrepastoreadas) que tienen poco forraje seco, ya que ambas son verdes y sólo con un estudio de la forma geométrica de las parcelas sería posible diferenciarlas.

- También se nota el incremento de la superficie de las lagunas al final de la época lluviosa; éstas pasaron de 0.29% a 0.70%.

Sabanas en pastoreo y pastos cultivados

En la segunda clasificación sobre el comportamiento espectral de los diferentes tipos de sabanas nativas, de pastos cultivados y, eventualmente, de cultivos de granos, se identificaron 12 clases tanto en época seca como lluviosa (Cuadros 3 y 4, Imágenes 3 y 4), las cuales permiten obtener la cartografía de las unidades de sabana y de pastos cultivados. Los bosques de galería, lagunas, suelos descubiertos y áreas con quemadas recientes, se clasifican dentro de la clase 13.

Cuadro 3. Unidad, tipos de vegetación y superficies relativas identificadas, según datos del satélite SPOT HRV. Marzo de 1991 (época seca). Llanos Orientales de Colombia.

Unidad y tipo de vegetación (comportamiento espectral: clorofila)	Superficie (%)	Píxeles bien clasificados (%)
1. Sabanas nativas, bajos y bancos después de la quema (≥ 1 año) (abundante clorofila)	16.9	69.5
2. Sabanas nativas, rebrotes después de la quema (≥ 1 año), pasturas nativas en bajos o suelos arcillosos (con mediana clorofila)	9.3	53.0
3. Sabanas nativas, rebrotes después de la quema (≥ 1 año) en bancos sobre suelos arcillosos (con mediana clorofila)	8.0	67.9
4. Sabanas nativas o pasturas cultivadas (mediana clorofílica, densa)	7.4	90.4
5. Hierbas secas con inflorescencias (poca clorofila)	5.3	86.5
6. Sabanas nativas heterogéneas, zonas de erosión y hormigueros (clorofila con importante efecto en el suelo)	4.5	88.9
7. Sabanas nativas heterogéneas, zonas de erosión y hormigueros; <i>Trachypogon vestitus</i> con inflorescencias (abundante clorofila)	2.7	44.1
8. Sabanas nativas heterogéneas y pasturas cultivadas: hierbas, arbustos, suelo descubierto, bajos, arbustivos, <i>Andropogon gayanus</i> (mediana clorofila)	3.1	84.5
9. Sabanas nativas poco densas, con suelo descubierto (muy poca clorofila)	2.7	53.0
10. Pasturas cultivadas y sabanas nativas bajas (bastante clorofila)	1.8	96.3
11. Bajos con arbustos (mediana clorofila)	0.6	97.3
12. Pasturas cultivadas y rebrotes de sabanas después de la quema (abundante clorofila)	0.1	100.0
13. Fondo (zonas fuera de pastoreo: bosque de galería, agua, algunos bajos)	37.4	96.8
Total clasificado	99.74	—

Cuadro 4. Unidad, tipos de vegetación y superficies relativas identificadas, según datos del satélite SPOT HRV. Septiembre de 1991 (época lluviosa).

Unidad y tipo de vegetación (comportamiento espectral: clorofila)	Superficie (%)	Píxeles bien clasificados (%)
1. Rebrote sabanas nativas después de la quema (≥ 1 año) (mediana clorofila)	14.61	89.0
2. Rebrote sabanas nativas después de la quema (≥ 1 año) (abundante clorofila)	14.04	85.0
3. Rebrote sabanas nativas después de la quema (≥ 1 año) y pasturas cultivadas viejas; suelo arcilloso (clorofila densa)	12.44	81.7
4. Sabanas nativas viejas; rebrotes > 1 año y zonas inundables; suelo arcilloso (poca clorofila)	10.71	77.1
5. Rebrote sabanas nativas después de la quema (≤ 1 año) (abundante clorofila)	7.79	87.1
6. Pasturas cultivadas > 1 año o rebrote sabanas nativas < 1 año; suelos arcillosos (mucho clorofila)	6.21	87.2
7. Sabanas nativas o pasturas cultivadas cortadas o muy pastoreadas; efecto suelo importante (poca clorofila)	5.15	88.5
8. Viejas sabanas nativas secas; rebrotes > 1 año después de la quema; influencia de las inflorescencias (poca clorofila)	4.50	86.6
9. Pasturas cultivadas > 1 año, poco pastoreadas (mucho clorofila, densa)	1.35	95.5
10. Sabanas nativas y pasturas cultivadas sobrepastoreadas; suelo descubierto (poca o sin clorofila)	1.26	97.7
11. Pasturas cultivadas con inflorescencias, bajos, zural (muy poca clorofila)	0.69	92.6
12. Sabanas viejas secas o quemadas recientes; suelo $> 40\%$, sin clorofila	0.49	100.0
13. Fondo (zonas fuera de pastoreo: selva, agua, algunos bajos)	19.91	94.7
Total clasificado	99.12	

1. Amarillo oscuro	Sabanas nativas ≥ 1 año
2. Azul claro	Sabanas nativas ≥ 1 año
3. Gris claro	Sabanas nativas ≥ 1 año
4. Rojo claro	Sabanas nativas o pasturas cultivadas
5. Azul oscuro	Hierbas secas con inflorescencias
6. Morado + trama roja	Sabanas nativas heterogéneas; erosión, hormigueros
7. Amarillo claro	Sabanas nativas heterogéneas; <i>Trachypogon</i>
8. Rojo oscuro	Sabanas nativas heterogéneas; arbustos bajos, <i>Andropogon gayanus</i>
9. Morado	Sabanas poco densas; suelo
10. Verde oscuro	Pasturas cultivadas y sabanas bajas
11. Azul oscuro	Arbustos bajos
12. Verde claro	Pasturas cultivadas y rebrotes después de la quema
13. Gris oscuro	Fondo (selva, agua, bajos)
14. Blanco	No clasificado



Imagen 3. Tipos de vegetación en los Llanos Orientales de Colombia. Marzo de 1991 (época seca) (Cuadro 3).

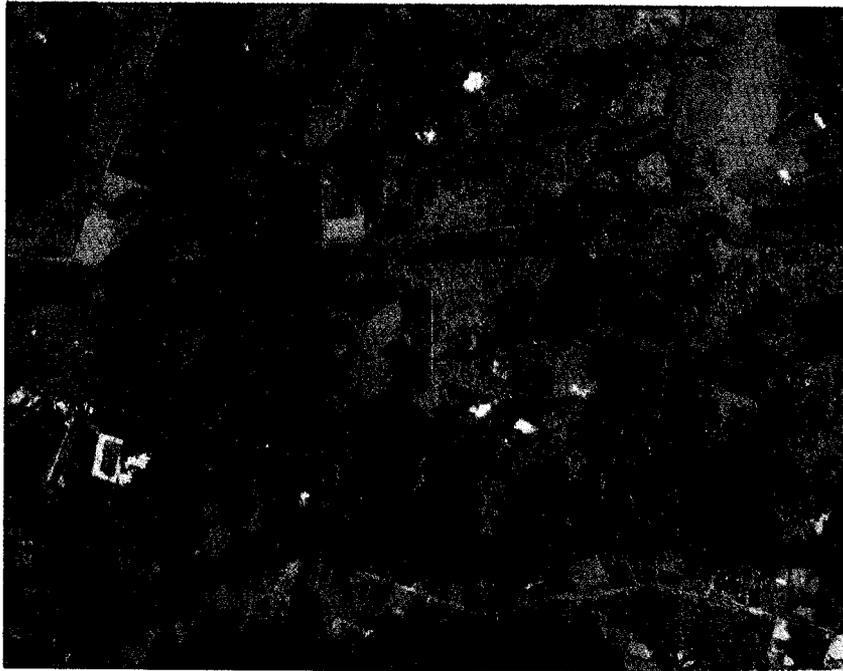


Imagen 4. Tipos de vegetación en los Llanos Orientales de Colombia. Septiembre de 1991 (época lluviosa) (Cuadro 4).

1. Amarillo + trama gris	Rebrotos sabanas nativas \geq 1 año
2. Azul oscuro	Rebrotos sabanas nativas \geq 1 año
3. Azul claro	Rebrotos sabanas nativas + pasturas viejas
4. Morado + trama roja	Sabanas nativas viejas; suelo arcilloso
5. Vino tinto	Rebrotos sabanas \leq 1 año
6. Verde claro	Pasturas cultivadas $>$ 1 año; rebrotos; suelo arcilloso
7. Fucsia	Sabanas y pasturas cultivadas muy pastoreadas; suelo
8. Morado + trama roja	Sabanas viejas, rebrotos $>$ 1 año
9. Verde oscuro	Pasturas cultivadas $>$ 1 año, poco pastoreadas
10. Gris claro	Pastos sobrepastoreados, suelo
11. Rojo	Pasturas cultivadas con inflorescencias, bajos, zural
12. Rosado	Sabanas viejas
13. Amarillo	Selva, agua, algunos bajos
14. Blanco	No clasificado

En esta clasificación, las unidades son diferentes a las anteriores y presentan más detalles para las principales pasturas cultivadas. Se pueden observar, también, tipos de vegetación originados en suelos diferentes e, inclusive, tipos de pasturas nativas, donde aparecen las especies dominantes cuando están en inflorescencia.

Girard y Rippstein (s.f.) encontraron que los datos de SPOT caracterizan bien algunas clases, las pasturas cultivadas, los rebrotos de las pasturas de las zonas bajas en época seca, las sabanas viejas y las quemadas recientes en época húmeda. Las clases con objetos que no tienen un buen contraste radiométrico con otros objetos presentes no fueron bien clasificadas en la imagen. Por tanto, en este caso se clasificaron casi todos los píxeles y sólo se rechazaron 0.26% en marzo y 0.88% en septiembre. Se encontró, también, que las matrices de confusión entre las zonas testigos y la clasificación, presentan una mejor posibilidad de discriminación de las categorías en septiembre; sin embargo, con 13 clases (10 clases solamente en la clasificación anterior), la matriz de confusión presenta una variación más grande (entre 44% y 100%).

La combinación de las dos fechas de toma de datos del satélite permiten, con base en las características ligadas, unas veces, al estado fenológico de las especies dominantes y, otras veces, al manejo de la vegetación, obtener la clasificación que aparece en el Recuadro 1. Para esto es necesario superponer las imágenes para determinar la superficie de cada unidad de la cartografía; además, es necesario efectuar correcciones geométricas y radiométricas debido a las diferencias en los datos del satélite entre ambas épocas.

Si se analizan las superficies de las unidades obtenidas para cada época separadamente, se puede observar:

(1) En la época seca (Cuadro 3 e Imagen 3):

- La importancia de las zonas fuera de pastoreo (clase 13 = 37.4%), pero que comprenden, probablemente, zonas con pasturas en los sitios bajos, especialmente en la época seca.
- La relativa importancia (18.8%) de zonas con vegetación abundante en clorofila, es decir, zonas con pastos de buena calidad (clases 1, 10, 12) que comprenden pastos cultivados y algunos rebrotos de pastos nativos o bien utilizados.

Recuadro 1. Sabanas y pasturas de los Llanos Orientales de Colombia, definidos según los criterios agronómicos a partir de la información de los Cuadros 3 y 4.

Pasturas cultivadas < 1 año
 Pasturas cultivadas > 1 año
 Pasturas cultivadas y viejas
 Pasturas cultivadas muy pastoreadas (degradadas)
 Zural (bajos con pequeños montículos no inundables)
 Sabanas nativas sobre suelo arcilloso
 Sabanas nativas sobre suelo arenoso
 Sabanas nativas después de quemas < 1 año
 Sabanas nativas después de quemas > 1 año
 Sabanas nativas poco densas (degradadas)
 Sabanas nativas heterogéneas (hormigueros)
 Pasturas con *Andropogon gayanus*
 Pasturas nativas de *Trachypogon vestitus*
 Bajos sin arbustos
 Bajos con arbustos

- La vegetación con un contenido medio o escaso de clorofila, que comprende esencialmente sabanas nativas y que cubre aproximadamente la mitad (43.6%) de la superficie de la ventana. Estas pasturas son de baja calidad (clases 2, 3, 4, 11 = 25.3%) y de muy baja calidad (clases 5, 6 = 9.8%) o pastos degradados (clases 7, 8, 9 = 8.6%).

(2) En época lluviosa (Cuadro 4 e Imagen 4):

- La importancia relativa (23%) de vegetación con poca clorofila, es decir, pasturas de baja calidad o degradadas (clases 4, 7, 8, 10, 11, 12).
- La baja superficie (1.35%) que ocupa la vegetación con buena clorofila (clase 9).
- El área importante (48%) que ocupan los pastos nativos que tienen un contenido medio de clorofila (calidad media) (clases 1, 2, 3, 5).
- En la época lluviosa, las zonas degradadas que tienen un importante efecto de suelo descubierto, aparecen de poca amplitud en la imagen del satélite (6.41% = clases 7, 10). Por tanto, para identificar las áreas degradadas o susceptibles a degradación, sería necesario estudiar las zonas sensibles por separado en las diferentes épocas del año, excluyendo las demás zonas.

Conclusiones

El uso de las imágenes del satélite SPOT, gracias a su buena resolución y gran escala (1:50,000), permiten un inventario de la vegetación de las sabanas según el uso, el manejo y el estado fisionómico. La identificación de las pasturas cultivadas y de los diferentes pastos nativos, según la composición botánica y el estado de degradación, es difícil y exige información de varios períodos del mismo año, con un mínimo de una fecha en época seca y otra en época lluviosa. Es necesario escoger las fechas en cada época en función de los estados fenológicos de las plantas, aunque las dos tomas del satélite aumentan los costos del estudio (US\$5000 cada una).

Si sólo es posible una misión, la información del final de la época lluviosa es la más adecuada, especialmente si existen muchas áreas con quema. No obstante, la época seca es la más indicada para el estudio de las zonas degradadas.

El presente estudio mostró la importancia que tiene el conocimiento adecuado de la vegetación a nivel de campo, en lo posible acompañado de un estudio de la radiometría terrestre, para evitar errores y tener informaciones más detalladas. Así los datos del satélite serían más precisos y los datos de una zona podrían extrapolarse a otras regiones de los Llanos Orientales de Colombia.

Summary

During 1991, land use and types of pastures existing in the flat plateau region of the Eastern Plains of Colombia were classified, along with their respective surface area, at the Carimagua Research Center (4° 30' N and 71° 30' W). Three SPOT HRV (Land Observation System) satellite images were taken with a multispectral sensor (XS) in three bands: yellow-green (0.50-0.59 nm), red (0.615-0.680 nm), and near infrared (0.79-0.89 nm), with a 20 x 20 m resolution, equivalent to 12 pixels (picture elements). The image corresponds to an area of 60 x 60 km, that is, 9 billion pixels. Data on reflectance were taken at the ground level in January and September with a CIMEL radiometer at the same frequencies as the SPOT XS sensor. These data were used to define check plots that were analyzed based on SPOT images corresponding to March and September; land use classification into broad categories continued using the reflectance

classification established at the field level. The Multiscope Program (CAP SESA) was used to make these estimations.

Given the good resolution and large scale (1:50,000) of SPOT satellite images, an inventory was made of savanna vegetation according to use, management, and physiological status. To identify cultivated and native pastures by botanical composition and degree of degradation, information covering several periods of the same year is needed, with at least one record made during the dry season and another during the rainy season. If only one is feasible, the information corresponding to the end of the rainy season is most appropriate, especially if many burnt areas exist. Data from the dry season, however, are more indicated when studying degraded areas.

Referencias

- Escobar, E.; Belalcázar, J.; y Rippstein, G. 1993. Clave de las principales plantas de sabana de la Altillanura de los Llanos Orientales en Carimagua, Meta, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 92 p.
- Girard, M. C. y Girard, C. M. 1989. Télédétection appliquée. Zones tempérées et intertropicales. Coll. Sciences Agronomiques, Masson, París. 260 p.
- _____ y Rippstein, G. s.f. Utilisation de données SPOT HRV pour la cartographie de savanes et pâturages dans les Llanos de Colombie. (En impresión.)
- Rippstein, G. 1991. Management of native savanna. In: Annual Report-Tropical Pastures Program 1987-1991. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.
- _____. 1994. Savanna ecology. In: Annual Report- Savanna Program. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.
- _____ y Girard, G. M. s.f. Etude de savanes et pâturages para données de teledetection de terrain et satellitaires: exemple des Llanos Orientaux en Colombie. (En impresión.)
- _____; Sionneau, J.; Escobar, G.; y Ramírez, G. s.f. Uso de radiometría terrestre para el estudio y el inventario de los pastos de los Llanos Orientales de Colombia. En: Seminario PAN-ANDINO. (En impresión.)
- Spain, J. M. 1979. Pasture establishment and management in the Llanos Orientales of Colombia. In: Pasture production in acid soils of the tropics. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 488 p.
- Vera, R. R. y Seré, C. (eds.). 1985. Sistemas de producción pecuaria extensiva. Brasil, Colombia, Venezuela. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 538 p.