

DEFINICIÓN DE UNIDADES TERRITORIALES HOMOGÉNEAS PARA EL ESTUDIO Y GESTIÓN AMBIENTAL EN CUENCAS CON APTITUD FORESTAL

Giraldéz, G., Carrasco-Letelier, L., Olivera, L., Sawchik, J.

Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), La Estanzuela, Uruguay

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo central identificar y delimitar unidades territoriales homogéneas de gestión ambiental (UTHGA) con diferente grado de forestación en el Litoral Oeste del Uruguay.

Dichas UTHGA quedaron caracterizadas según criterios preestablecidos proyecto: cuencas y/o micro cuencas de orden tres según clasificación Strahler, A., inscriptas en una misma unidad de suelos. Para la identificación de estas UTHGA se realizó la construcción de un sistema de información geográfica (SIG), utilizando como fuentes de información: hidrografía, en formato vectorial; carta de suelos del Uruguay, escala 1:1.000.000; carta topográfica, escala 1:50.000; imagen satelital Landsat 5 TM, de febrero del 2006; cobertura forestal, en formato vectorial desarrollada desde la imagen Landsat 5 TM; carta CONEAT, clasificación de suelos realizada por MGAP, escala 1:1.000.000. Los resultados obtenidos permiten la observación de dos grandes zonas forestadas, ubicadas sobre suelos de los Departamentos de Río Negro y Paysandú respectivamente, y que satisfacen los objetivos buscados. De estas zonas, la encontrada en el Departamento de Río Negro fue seleccionada por el proyecto SA INIA SA07, dada su falta de información y presentar una menor variabilidad del tipo y uso de los suelos, y ser de interés para la creciente producción forestal planteada en el Uruguay a partir de la instalación de la primer planta industrial de procesamiento de pulpa de celulosa. En esta zona identificada y seleccionada se encontraron cuarenta y ocho(48) UTHGA, con una tasa de forestación variable de 0 a 69 % con *Eucalyptus globulus*.

INTRODUCCIÓN

La forestación privada con fines comerciales utilizando especies exóticas de rápido crecimiento, ha sido promovida en el Uruguay desde 1989, cuando la nueva Ley Nacional Forestal declaró el 20% del territorio nacional de prioridad forestal (figura 1).



Figura 1: Suelos de prioridad forestal (Petraglia y Dell'Acqua, 2006).

Un área aproximada de 3.580.000 hectáreas, de donde hoy existen 1.400.000 há. forestadas, de las cuales el 53% corresponde al bosque nativo, el 40% a plantaciones industriales y el 7% restante a montes de abrigo y sombra, bosques costeros y parques(figura 2).

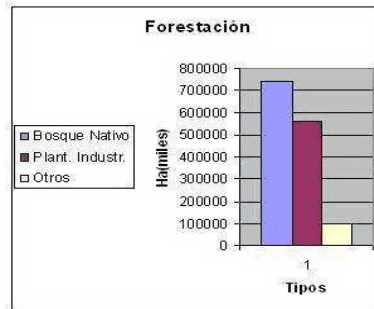


Figura 2: Superficies forestadas expresada en hectáreas.

Actualmente, Uruguay posee 560.000 há. de plantaciones industriales forestadas, de las cuales un 80 % corresponde a eucaliptos y un 20 % a pinos. De las principales especies industriales, *Eucalyptus globulus* es la especie que presenta mayor superficie, seguida por *Pinus sp.* y por último *E. grandis* (figura 3).

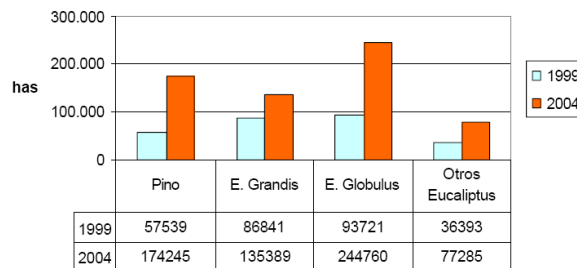


Figura 3: Evolución hà. forestadas según spp. vegetales (Petraglia y Dell'Acqua, 2006).

En cuanto a la distribución territorial, la mayor superficie de plantaciones forestales industriales se ubica en el norte del país en los departamentos de Rivera y Tacuarembó respectivamente. Siguiendo en importancia la zona del Litoral Oeste se presenta como un escenario muy favorable para esta industria, localizada principalmente sobre los departamentos de Paysandú y Río Negro.

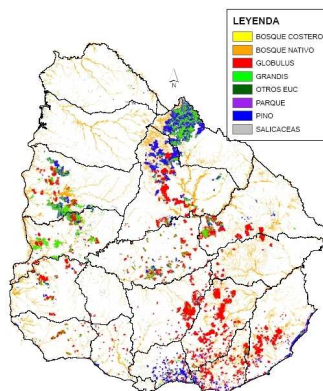


Figura 2: Distribución espacial de especies forestales en el Uruguay (Petraglia y Dell'Acqua, 2006).

La zona comprendida en el Departamento de Río Negro y que es tipificada como de prioridad forestal presenta gran interés para la producción de madera destinada a celulosa.

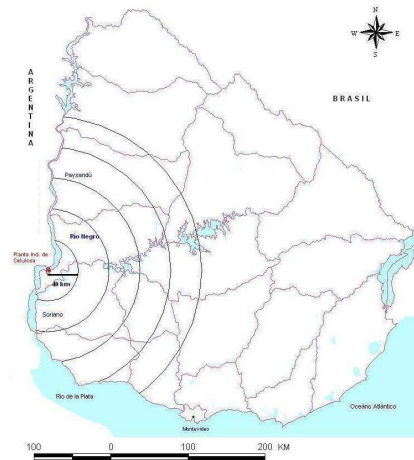


Figura 3: Ubicación de planta industrial de celulosa blanqueada ECF y área de interés de cosecha y forestación (200 km).

Es así que, existen aproximadamente 200.000 ha. que se hallan ubicadas en el área de influencia de la nueva planta de pulpa de celulosa blanqueada ECF en las proximidades de la ciudad de Fray Bentos, capital del propio Departamento de Río Negro, con un potencial de producción de (1.000.000 tAD/y).

El nuevo incentivo de la forestación destinada a la producción de celulosa presenta aspectos territoriales y ambientales a estudiar por el proyecto SA07 de INIA: (a) estimar la magnitud y frecuencia de los principales impactos ambientales vinculados a la forestación derivados de la producción de madera y celulosa en la zona de influencia a la planta industrial (área buffer 200 km) en: agua, suelo y aire; y (b) conflictos territoriales (cambios en los usos de suelo, infraestructura, incidencia sobre el paisaje, etc.): pérdidas de zonas de pecoreo para el sector apícola, pérdida de áreas ganaderas o agrícolas dado el incremento de las áreas de monocultivo (forestal básicamente).

Sobre los conflictos territoriales que la actividad forestal en pleno pudiera provocar en sus diferentes componentes, se debe en principio a una escasa planificación territorial a nivel rural, dado lo reciente de su incorporación a la actividad productiva del país. En especial, la zona de influencia a la planta industrial, donde los principales conflictos esperados son: incremento acelerado de la circulación de insumos referidos a la industria, tanto por vía marítima como terrestre fundamentalmente; incremento de la población en el área urbana próxima a la industria, lo que ocasiona el cambio en el valor suelo; exposición de las rutas y caminos a un trasiego industrial de vehículos, principalmente transporte de madera desde las áreas forestadas a la planta industrial, afectando e incidiendo sobre las obras viales.

En este escenario de trabajo descrito, y en función de los objetivos del proyecto INIA SA07, el objetivo del presente trabajo es identificar y delimitar Unidades Territoriales Homogéneas para el desarrollo de herramientas para la gestión ambiental y ordenamiento territorial de cuencas agropecuarias de aptitud forestal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio



Figura 4: Localización del área preliminar a estudio.

El área preliminar a estudio se halla comprendida en el litoral oeste del Uruguay. Esta área ha experimentado un intenso crecimiento en lo que respecta a cambio de uso de suelo por la forestación. En el marco de lo cual, próximo a la ciudad de Fray Bentos, perteneciente al departamento de Río Negro ($33^{\circ} 7' 29''$ S, $58^{\circ} 18' 1''$ W) sobre las márgenes del Río Uruguay, se ha instalado una planta industrial para el procesamiento de madera y celulosa, con una producción estimada de pulpa ECF de 1,000,000 tAD/año.

Ésta área del territorio del Uruguay, en su aspecto físico, nos ofrece la presencia de la Cuchilla de Haedo, que separa las aguas que van al Río Negro y las que vierten en el Río Uruguay. Ésta cuchilla se inicia bajo el nombre de Cuchilla Negra al NE del país (una típica cuchilla tabular de altura considerable) de la cuál la erosión ha separado numerosos cerros aislados o dispuestos en hileras y termina en la confluencia de los ríos Uruguay y Negro, llamada Rincón de las Gallinas. En su parte sur, esta área culmina donde nace el Arroyo Santa Fe Grande, al sur de la Ruta dos, entre las ciudades de Fray Bentos y Mercedes; arroyo que desemboca en el Río Negro. Esta parte del territorio se caracteriza por un relieve más bien suave y moderado, con una serie de lomadas y valles que se alternan, donde la Cuchilla de Haedo se presenta como una saliente particular del terreno y lo secciona notoriamente incidiendo sobre la dinámica del paisaje.

Información cartográfica utilizada

Se utilizaron como fuentes de información: cartas topográficas del Servicio Geográfico Militar (SGM) a escala 1:50.000, hojas P17,P18,P19,P20,O17,O18,O19,N16,N17,N18; información de suelos en formato vectorial, escala 1:1.000.000; Carta Índice CONEAT a escala 1:1.000.000 del MGAP ; Imagen Landsat 5 TM del año 2006; información forestal en formato vectorial lograda a partir de una clasificación supervisada a la imagen Landsat 5 TM ; carta de suelos en formato vectorial 1:200.000 del Departamento de Río Negro; hidrografía en formato vectorial basada en la cartografía del SGM.

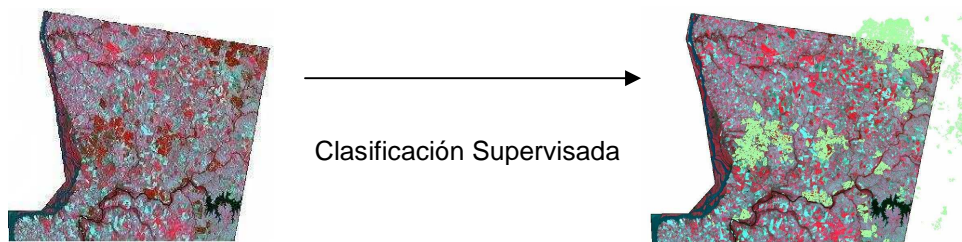


Figura 5: Imagen Landsat 5 TM en falso color del área a estudio y áreas forestadas.

Software y material utilizado

Todo el material utilizado (cartas, imágenes, coberturas vectoriales y archivos raster) fue adquirido por INIA al SGM. Así mismo, el análisis espacial para la identificación de las UTHGA se realizó con el software de licencia libre Quantum GIS “Titan” (<http://www.qgis.org>), tanto en soporte Windows como Linux.

Definición del área de trabajo

Los criterios utilizados para la caracterización de las UTHGA, a partir de la integración y creación de información, determinó la existencia de dos grandes zonas de forestación. Una ubicada sobre la Unidad de suelos Algorta (USA), y que esta asentada sobre los Departamentos de Río Negro y Paysandú; y una segunda, sobre la Unidad de suelos Tres Bocas (USTB), inscripta en el Departamento de Río Negro (figura 8). Ambas zonas poseen índices de nueve (9) dados por el estudio de la Comisión Nacional de Estudio Agronómico de la Tierra (CONEAT), lo cual les confiere una calificación de tierras de prioridad forestal (ley 13.695 (Art. 65 al 68) del 24 de octubre de 1968).

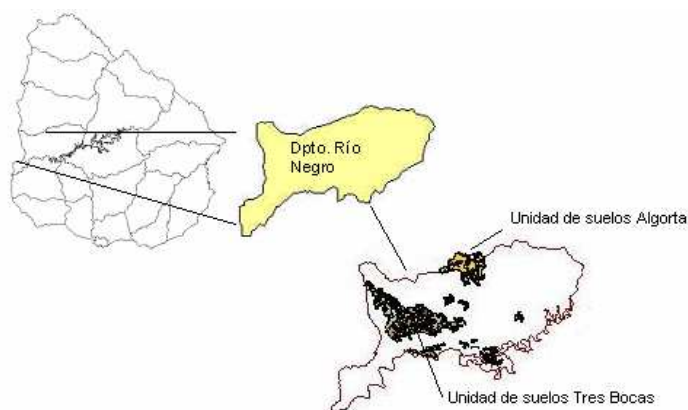


Figura 8: Forestación en unidades de suelos CONEAT 9.

De las zonas identificadas se estimó conveniente trabajar sobre la USTB en la ciudad de Fray Bentos por: (1) ser una zona de fácil acceso, (2) presentar mayor uniformidad en los usos de suelos contrastantes; (3) ser una zona de interés forestal próxima a la nueva planta industrial de celulosa; (4) poseer uniformidad en las especies forestales utilizadas; (5) y estar próxima a la nueva estación de INIA, lo cual permitirá trabajar de mejor forma en el manejo de monitoreos físicos, químicos y biológicos.

Por estas razones, se realizó la identificación y delimitación de cuencas de orden tres en la Unidad de suelos Tres Bocas (USTB).

Identificación y delimitación de las UTHGA con diferente grado de forestación

Esta etapa del trabajo se dividió en 3 momentos: (a) identificación de cuencas y o micro-cuencas de orden tres. Actividad realizada manualmente sobre las cartas topográficas (escala 1:50.000) en papel en el área seleccionada geográficamente según USTB; (b) digitalización de las UTHGA identificadas, utilizando el software Quantum GIS, donde se determinaron cuencas y o micro-cuencas de orden tres (figura 9);

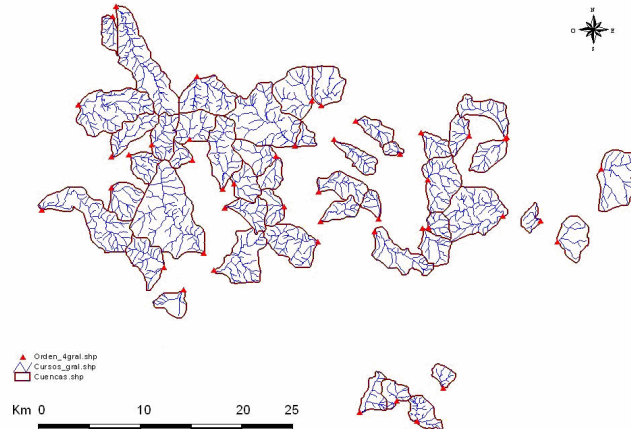


Figura 9: UTHGA identificadas en Unidad de Suelos Tres Bocas (USTB)

y (c) integración de la información colectada y creada a través del software mencionado, para obtener una cartografía del área a estudio con las UTHGA tipificadas por su uso forestal (figura 10).

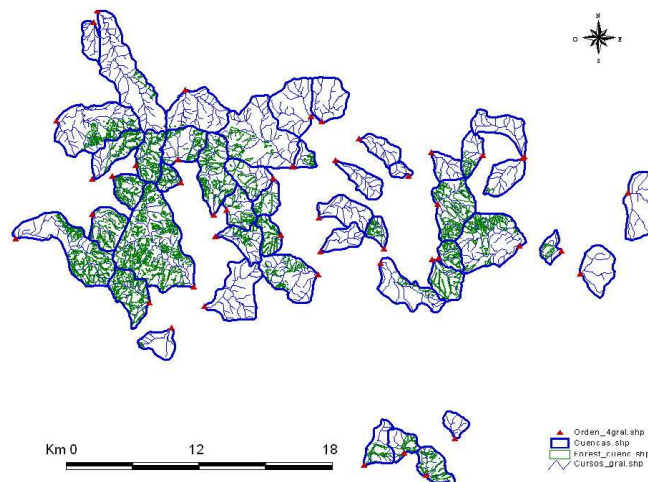


Figura 10: Uso forestal en las UTHGA identificadas.

Información estadística

Se determinaron algunos parámetros morfométricos básicos de las cuencas y o microcuencas de orden tres (puntos de drenaje, áreas, perímetros, longitud de los cursos internos , densidad de drenaje, longitud de la pendiente máxima) junto al porcentaje de forestación establecido para cada una de ellas (tabla 1).

Tabla 1: Información geográfica de las UTHGA identificadas

* Tipo 1 y tipo 2 corresponden a calificación como cuenca y micro cuenca, respectivamente

Carta	ID	Tipo *	Nombre	Área (km ²)	Perímetro (m)	Long Tot Cursos (m)	Densidad Drenaje (m / km ²)	Forest. (%)	Variación cota naciente (m)	Cota Desagüe (m)	Orden en que drena	Cuenca Superior	Orden de la cuenca superior
O18	1	1		2.05	5819	4651	2269	0	72/60	47	3	Arroyo Sánchez Chico	5 o >
O18	2	2		3.18	7850	5973	1878	14	60/50	40	3	Igual que ID 47 pero margen de enfrente	5 o >
N18	3	2		3.33	7999	7438	2234	27	54/30	24	3	Arroyo Don Esteban Grande	5 o >
O19	4	1		3.47	7542	6899	1988	0	63/40	24	3	Arroyo Yapeyu	4
O18	5	1		3.52	7867	8205	2331	0	61/55	35	3	Arroyo Sánchez Chico	5 o <
O18	6	2	Arroyo Coladeras	3.68	8343	8171	2220	51	71/65	45	3	Arroyo Coladeras	5 o >
O18	7	2	Cañada de la Cueva del Tigre	4.62	8518	11263	2438	55	75/60	46	4	Cañada de la cueva del tigre	4
P17	8	2		4.71	9729	10812	2296	0	46/51	34	4	Arroyo Bellaco	5 o >
O18	9	2		5.20	9683	9565	1839	56	60/50	45	3	Arroyo Sánchez Grande	5 o >
O18	10	2	Cañada de los Chanchos	9.10	12683	14937	1641	37	65/55	45	3	Arroyo Sánchez Grande	5 O >
O18	11	1		5.36	9694	11719	2186	4	70/60	46	3	Arroyo Sánchez Chico	5 o >
O18	12	2		5.63	10747	11369	2019	69	60/52	38	4	Cañada de los	4

Carta	ID	Tipo *	Nombre	Área (km ²)	Perímetro (m)	Long Tot Cursos (m)	Densidad Drenaje (m / km2)	Forest. (%)	Variación cota naciente (m)	Cota Desagüe (m)	Orden en que drena	Cuenca Superior	Orden de la cuenca superior
O18	13	1		5.63	10487	11480	2039	0	65/52	40	3	Cerros	
O18	14	2		5.71	10315	12388	2170	20	77/70	60	4	Arroyo Sánchez Grande	5 o >
O18	15	1		5.76	10573	11566	2008	0	61/51	28	3	Arroyo del Sauce	4 o >
O18	16	2		5.84	10120	9963	1706	2	55/35	29	3	Arroyo Sánchez Grande	5 o >
O18	17	2		6.28	12305	15091	2403	0	60/50	40	3	Cañada Santa Cruz	4
P18	18	2		6.45	10331	15516	2406	60	55/33	20	3	Arroyo Sánchez Grande	5 o >
O19	19	1		6.88	12483	13675	1988	47	63/27	22	3	Río Negro	5 o >
O19	20	2		7.12	11479	17101	2402	60	55/50	25	4	Río Negro	5 o >
O18	21	2		7.72	11841	13323	1726	29	65/55	39	4	Arroyo del Minero	4 o >
O18	22	1		7.88	13742	18435	2339	16	68/50	35	3	Arroyo Coladeras	5 o <
O18	23	2	Cañada de la cueva del tigre	7.90	11751	13958	1767	64	75/60	45	3	Cañada de la cueva del tigre	4
N18	24	1	Cañada de Los Perros	7.90	11545	14331	1814	2	76/55	38	3	Arroyo Don Esteban Grande	5 o >
O18	25	1	Cañada del Goro	9.08	14365	18603	2049	13	61/50	35	3	Arroyo Sánchez Grande	5 o >
O19	26	1		9.88	13699	22553	2283	56	57/30	17	3	Río Negro	5 o >
N18	27	1	Cañada de la Vaca Muerta	9.29	16345	18937	2038	0	86/60	36	3	Arroyo Don Esteban Grande	5 o >

Carta	ID	Tipo *	Nombre	Área (km ²)	Perímetro (m)	Long Tot Cursos (m)	Densidad Drenaje (m / km2)	Forest. (%)	Variación cota naciente (m)	Cota Desagüe (m)	Orden en que dreña	Cuenca Superior	Orden de la cuenca superior
O18	28	2	Arroyo Román Grande	9.44	13778	22117	2343	66	65/53	35	3	Arroyo Román Grande	5 o >
P18	29	1		9.52	15675	17993	1890	46	64/40	18	3	Arroyo Román Grande	5 o >
P18	30	2	Arroyo Juanin	9.65	11933	18993	1968	65	55/33	25	4	Arroyo Román Grande	5 o >
N18	31	1		9.87	12348	12140	1230	0	62/50	26	0	Arroyo Don Esteban Grande	5 o >
O18	32	2	Arroyo Coladeras	10.55	13749	19208	1821	28	73/61	45	4	Arroyo Coladeras	5 o >
O18	33	2		10.63	12478	17069	1606	0	75/60	45	4	Arroyo Sánchez Grande	5 o >
O18	34	2	Cañada Santa Cruz	11.73	15415	26137	2228	53	57/50	33	3	Arroyo Coladeras	5 o >
O18	35	1	Cañada del Baladero	13.20	19075	25835	1957	7	65/55	35	3	Arroyo Sánchez Chico	5 o >
O18	36	1	Cañada del Chileno	15.07	16502	34005	2256	10	60/45	27	3	Arroyo Sánchez Grande	5 o >
O17	37	2	Cañada Grande del	15.12	15457	24366	1612	0	75/65	47	4	Arroyo Sánchez Grande	5 o >
O18	38	2	Cañada del Pajal	15.46	16231	32507	2103	46	85/72	52	4	Cañada del Pajal	4
O18	39	1	Arroyo del Minero	15.81	18524	30139	1906	46	73/65	35	3	Arroyo del Minero	4 o >
O17	40	2	Arroyo	16.35	17067	35405	2165	1	75/63	46	4	Arroyo Negro	5 o >

Carta	ID	Tipo *	Nombre	Área (km ²)	Perímetro (m)	Long Tot Cursos (m)	Densidad Drenaje (m / km2)	Forest. (%)	Variación cota naciente (m)	Cota Desagüe (m)	Orden en que drena	Cuenca Superior	Orden de la cuenca superior
O18	41	1	Bellaco Cañada de Haedo	16.75	19378	30516	1822	0	57/33	24	3	Arroyo Coladeras	5 o >
N18	42	2	Cañada del Sauce + otra	18.84	18852	29492	1565	0	72/52	38	4	Arroyo Don Esteban Grande	5 o >
N18	43	1	Cañada de las Víboras + otra	23.00	19558	49422	2149	19	80/62	36	4	Arroyo del Talar	5
P17	44	2	Arroyo Román Chico	24.65	21721	52477	2129	12	65/25	14	4	Riacho Román	5 o >
P18	45	1	Arroyo Pingüino	25.45	27492	50744	1994	32	60/25	5	3		5 o >
P17	46	2	Arroyo San Pedro	28.50	29289	57213	2007	4	50/75	30	3	Arroyo Bellaco	5 o >
O18	47	2	Cañada de los Alegres + Cañada del tropezón	29.59	24692	49781	1682	13	75/62	40	3	Sin nombre que va a Arroyo Sánchez Grande	5 o >
O18	48	1	Cañada del Sauce	41.62	28309	68639	1649	38	67/50	24	3	Arroyo Coladeras	5 o >

RESULTADOS

La integración de toda la información permite observar que los porcentajes de forestación para las diferentes UTHGA se hallan comprendidos entre 0 - 69% (figura 11).

Los porcentajes de forestación en las UTHGA identificadas decrecen visiblemente, en la medida que se incrementa la distancia con respecto a Fray Bentos, situación que se explica por el incremento de los costos operativos de la extracción y traslado de la madera a la zona industrial, la cual presenta ser rentable hasta los 200 km de su ubicación (Facultad de Ciencias, 2006).

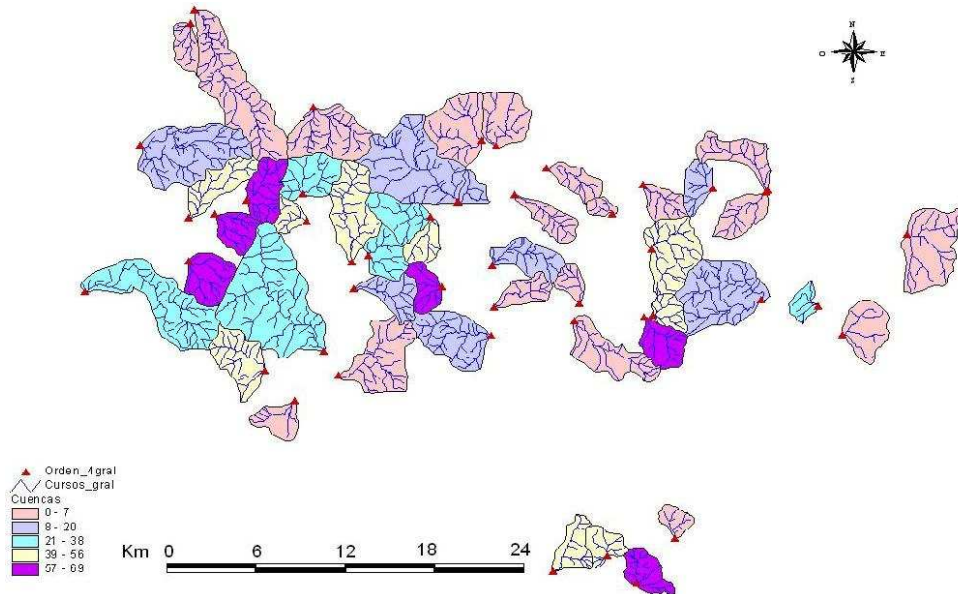


Figura 11: Cuencas de las UTHGA, tipificadas por su grado de forestación.

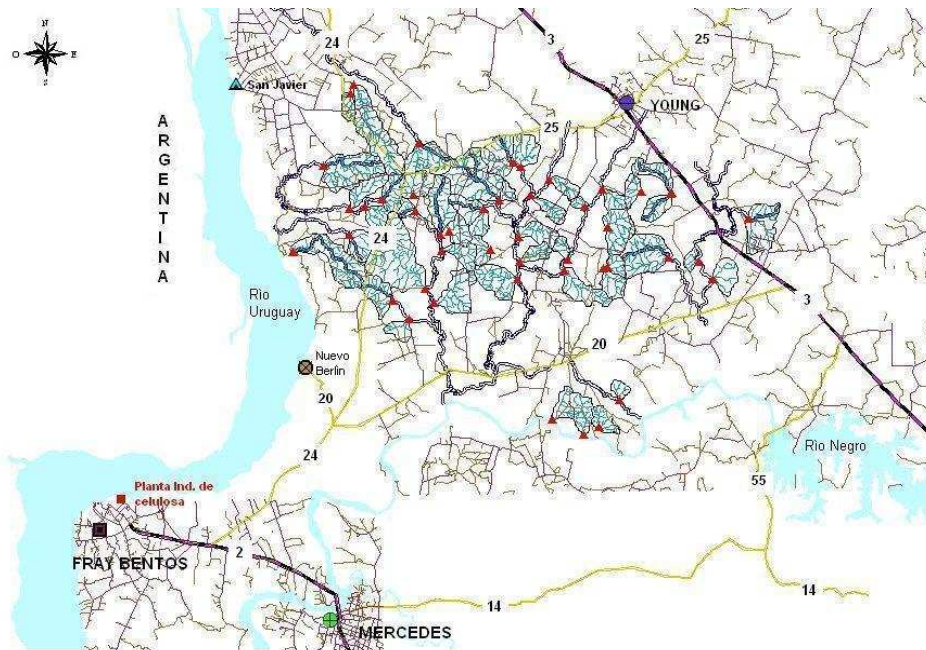


Figura 12: Ubicación geográfica de las UTHGA en el litoral del Uruguay.

Tratamiento estadístico (figuras 13,14,15,16 y17)

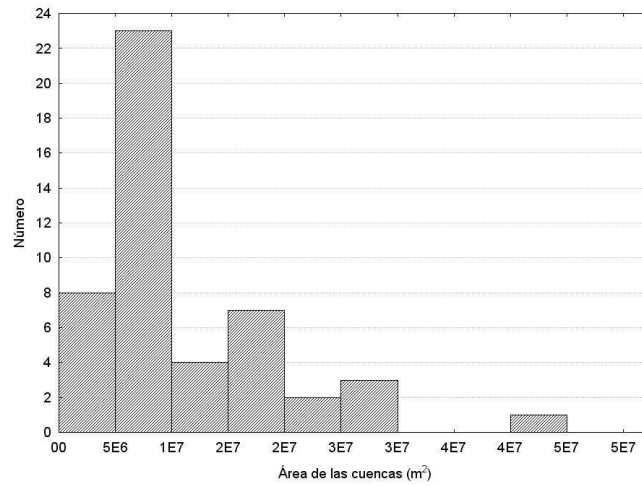


Figura13: Histograma de las áreas de las cuencas situadas en las UTHGA.

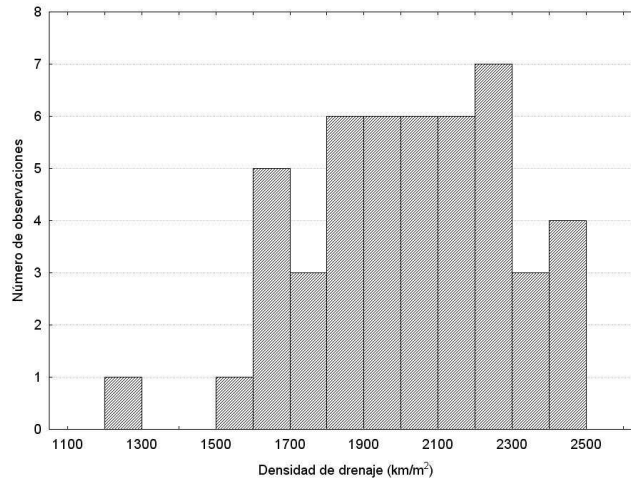


Figura 14: Histograma de las densidades de drenaje de las cuencas situadas en las UTHGA.

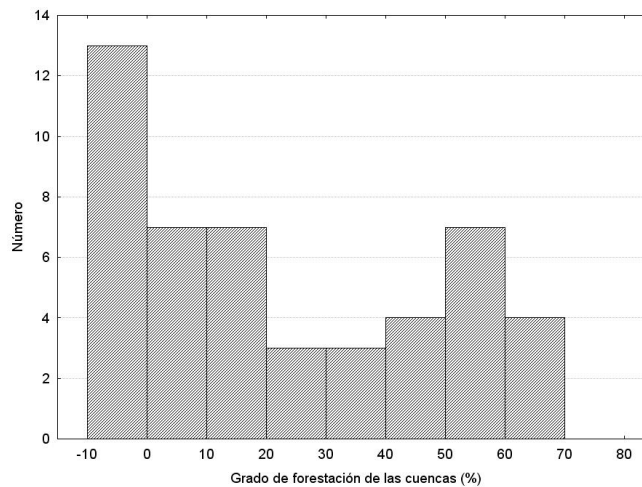


Figura 15: Histograma del uso forestal de las cuencas situadas en las UTHGA.

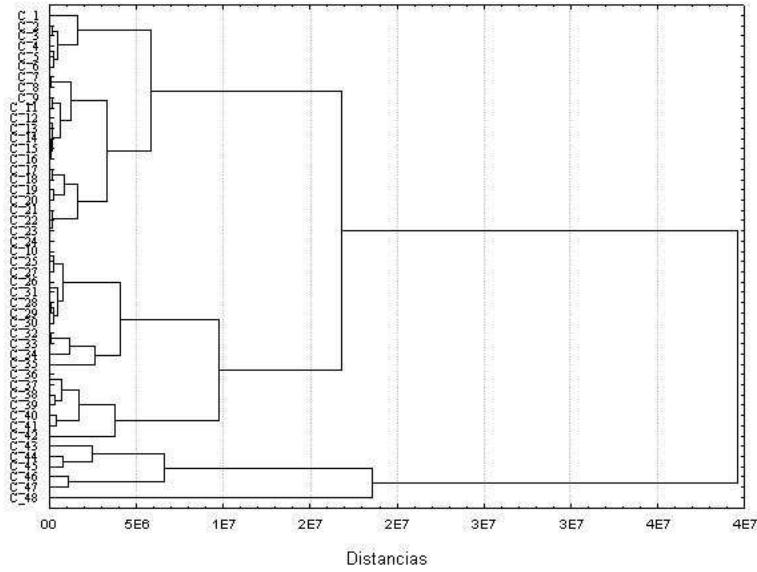


Figura 16: Agrupamiento de las cuencas de la Tabla 1 mediante análisis de clusters, basado en amalgamamiento completo basado en distancias euclidianas.

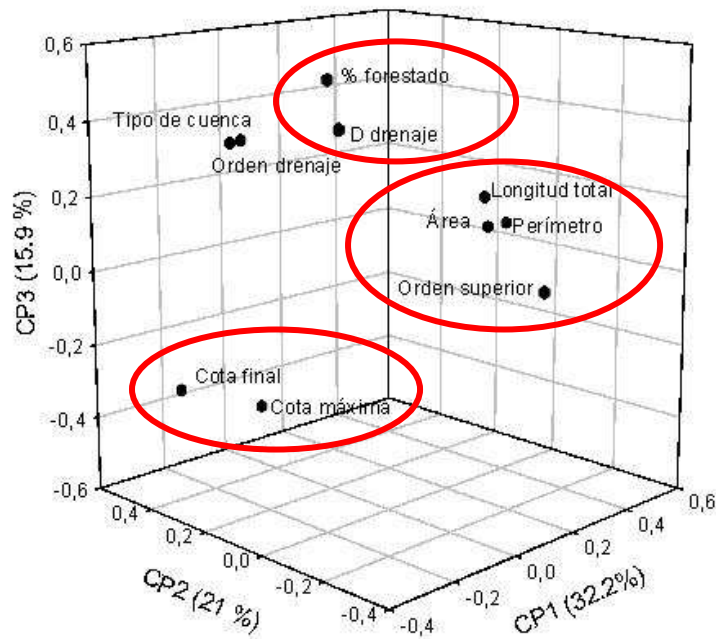


Figura 17: Análisis de componentes principales de las variables medidas en las cuencas de las UTHGA.

Las 48 UTHGA presentaron cotas que no superan los 110 mts SNM (Tabla 1). Estas UTHGA presentan áreas de 2 a 42 km² y perímetros en un rango de 5.8km a 30 km. Donde el 52 % corresponde a cuencas/microcuencas de 5 a 10 km² (Tabla 1, Fig. 13). Así mismo, las morfologías de las cuencas/microcuencas es muy diversa, situación que se expresa en el rango de la densidad de drenaje de estas (1230 – 2438 m/km²), donde el 65 % se halla entre 1800 y 2300 m/km² (Tabla 1, Fig. 14). En el grupo de UTHGA identificadas se pueden subdividir en cuatro grandes grupos, en función de su grado de forestación, estos son: (1) cuencas no forestadas (27% de las cuencas); (2) cuencas 10 a

20 % forestadas (29 % de las cuencas); (3) cuencas 20 a 50 % forestadas (21 % de las cuencas); y (4) cuencas 50 a 70 % forestadas (23% de las cuencas) (Tabla 1, Fig. 15).

Los resultados recopilados en la Tabla1, donde las cuencas se encuentran ordenadas en forma creciente, según su área, al ser evaluados estadísticamente mediante un análisis de cluster (figura16), se encontró la existencia de tres grandes grupos: cuencas 1 a 24 (cluster 1); cuencas 25 a 42 (cluster 2); y cuencas 43 a 48 (cluster 3). Segmentación a cambios abruptos originados por incremento de la forestación o relacionados con la longitud del curso principal. Así mismo, un análisis de componentes principales de las variables de la Tabla1, identificó que el porcentaje de forestación se correlaciona positivamente con el incremento de la densidad de drenaje de las cuencas identificadas (figura 17).

DISCUSIÓN y CONCLUSIONES

Los suelos en los cuales se asientan las UTHGA identificadas son depósitos fluviales sedimentarios de origen Mezozoico-Cenozoico; poseen una textura areno arcillosos presentando erosión moderada. Estos suelos del Litoral Oeste del Uruguay, se encuentran desarrollados sobre sedimentos de diverso origen, con texturas media a fina, donde predomina el desarrollo de suelos de tipo Argisol Distrito Ôcrico Abruptito. Estos suelos según la clasificación CONEAT corresponden a suelos típicos de prioridad forestal, con valor 9.3 CONEAT.

Dentro del grupo de UTHGA que podrían haber sido seleccionadas como alternativa a las cuencas y o micro-cuencas seleccionadas, el problema principal que presentaron se debía a la heterogeneidad de los suelos que les contenían. Situación que en el momento presente incorporaría una variable demasiado importante, como para permitir estimar *a priori* sus efectos sobre la calidad del agua y otras funciones ecosistémicas de la cuenca.

En cuanto al soporte informático, el software libre utilizado presentó características interesantes, en cuanto a permitir un manejo fácil de la información vectorial y raster. Además, de no presentar dificultades importantes en la digitalización de entidades (puntos - líneas - polígonos). Sin embargo, sus principales desventajas son que, al ser un visualizador del SIG GRASS, existen limitantes en cuanto al contenido de operaciones funcionales específicas. Las dos principales ventajas complementarias que encontramos en este software son: (a) ser de acceso libre, tanto el software como sus manuales, permitiendo cubrir las demandas de los usuarios finales; (b) trabajar con formatos de archivos compatibles con software de mayor complejidad y potencia para el desarrollo de SIG (por ej.: Grass, Arcview, Spring), con soporte tanto para plataformas Windows como Linux/Unix.

La Planificación Territorial Rural (PTR) es un asunto no resuelto adecuadamente en Uruguay. En este contexto, el desarrollo de información científico-tecnológica georeferenciada y cartografiada es y será un elemento fundamental para el desarrollo de la PTR. Por lo cual, el desarrollo de SIG, como el realizado en este trabajo, serán un elemento esencial para los tomadores de decisiones y entes administradores del territorio. Donde los SIGs generados serán la herramienta que permitirá una integración espacial de información de orígenes tan diversos y variados cuya valoración y articulación no sería posible.

El conocimiento del territorio por medio de las técnicas que los SIG nos facilitan y a gran escala cubrir extensas áreas del mismo para poder operativizar los trabajos de investigación. A su vez, la capacidad que la Geografía nos brinda por su integralidad conceptual para deshilar la categoría Paisaje como expresión de los acontecimientos

que se materializan en el territorio en lo temporal y en sus configuraciones en continua variación. La necesidad y facilidad permanente que ésta ciencia nos sugiere para integrar distintos conocimientos del saber en pos de un objetivo general. La intervención de la geografía en el estudio y análisis de los hechos productivos del país a partir de sus técnicas y metodologías es útil y necesaria.

REFERENCIAS

- Achkar, M., Altesor, A., Cayssials, R., Eguren, G., Mazzeo, N., Panario, D., Rodríguez, C., 2006. Síntesis de los efectos ambientales de las plantas de celulosa y del modelo forestal en Uruguay. Fac. de Ciencias, Univ. de la República, Mdeo, Uruguay.pp.44. http://www.fcien.edu.uy/archivo/informe_consejo_plantas_celulosa_28_06_06.pdf
- Bossi, J., 1966. Geol. del Uruguay. Univ. de la República, Depto. de Publicaciones, Montevideo. Uruguay..
- Bossi, J., 1969. Rec. Minerales del Uruguay. Editorial, Nuestra Tierra, Mdeo. Uruguay.
- CONEAT. Índice de productividad y grupos de suelos CONEAT. Comisión Nacional de Estudio Agronómico de la Tierra. PRENADER, MGAP, Uruguay. http://www.prenader.gub.uy/coneat/doc/doc_coneat.htm (noviembre, 2007)
- MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca). 1989. Evolución de tierras; División de Suelos y Aguas, MGAP,DGR-NR, Montevideo, Uruguay.
- Petraglia, C., Dell'Acqua, M., 2006. Actualización de la carta forestal del Uruguay con imágenes del año 2004. SIG de la Dirección General de Recursos Naturales Renovables. MGAP, Montevideo, Uruguay, 27 pp. http://www.mgap.gub.uy/Renare/SIG/Forestal/CARTA_FORESTAL2004.pdf
- SGM (Servicio Geográfico Militar), 1988. Mapa topográfico Hoja N-16: Algorta (Uruguay); Escala 1:50.000. Imprenta del Ejército, Uruguay.
- SGM (Servicio Geográfico Militar), 1988. Mapa topográfico Hoja N-17: Don Esteban (Uruguay); Escala 1:50.000. Imprenta del Ejército, Uruguay.
- SGM (Servicio Geográfico Militar), 1988. Mapa topográfico Hoja N-18: El Ombú (Uruguay); Escala 1:50.000. Imprenta del Ejército, Uruguay.
- SGM (Servicio Geográfico Militar), 1988. Mapa topográfico Hoja O-17: Young (Uruguay); Escala 1:50.000. Imprenta del Ejército, Uruguay.
- SGM (Servicio Geográfico Militar), 1988. Mapa topográfico Hoja O-18: Sanchez (Uruguay); Escala 1:50.000. Imprenta del Ejército, Uruguay.
- SGM (Servicio Geográfico Militar), 1988. Mapa topográfico Hoja P-18: Román Grande (Uruguay); Escala 1:50.000. Imprenta del Ejército, Uruguay.
- SGM (Servicio Geográfico Militar), 1988. Mapa topográfico Hoja P-19: Nuevo Berlín (Uruguay); Escala 1:50.000. Imprenta del Ejército, Uruguay.
- SGM (Servicio Geográfico Militar), 1988. Mapa topográfico Hoja P-20: Fray Bentos-Mercedes (Uruguay); Escala 1:50.000. Imprenta del Ejército, Uruguay.
- SGM (Servicio Geográfico Militar), 1988. Mapa topográfico Hojas P-17: San Javier, (Uruguay); Escala 1:50.000. Imprenta del Ejército, Uruguay.
- Sherman, G. E., Sutton, T., Blazek, R., Holl, S., Dassau, O., Mitchell, T., Morely, B., Luthman, L. Quantum GIS User Guide, Version 0.8 'TITAN', QGIS. Quantum GIS (QGIS) Open Source Geographic Information System . http://qgis.org/index.php?option=com_content&task=view&id=106&Itemid=79 (2007)
- Strahler, N.A., Strahler, A.H. 1997. Geografía Física. Editorial, Omega S.A, Barcelona. España.
- Zar, J.H., 1999. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall International Inc., New Jersey, USA