

PRONÓSTICO DE COMPONENTES AMBIENTALES UTILIZANDO FOTOGRAFÍAS AÉREAS

ROQUE A. SÁNCHEZ DALOTTO

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
Florianópolis (SC), Brasil
E-mail: sanlotto@hotmail.com

CARLOS LOCH

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
Florianópolis (SC), Brasil
E-mail: loch@ecv.ufsc.br

RESUMO

En el Municipio de Siderópolis, estado de Santa Catarina, Brasil, se conjugan antagónicamente situaciones ambientales críticas a partir de la explotación de carbón mineral con políticas firmes de recuperación del paisaje. Estas situaciones, combinadas con las actividades rurales pre-existentes en la región, determinaron un ámbito complejo en el cual se aplicó un estudio de pronóstico basado en series históricas de fotografías aéreas para conocer las tendencias de cuatro componentes ambientales.

Se analizó a variación de la cobertura arbórea del suelo y la ocupación por actividad minera, cuantificándose el área ocupada en 1957, 1966, 1978, 1992 y 1996, fechas correspondientes a los vuelos aerofotográficos disponibles.

Se analizó a variación en la longitud y forma de la red hídrica y de la red viaria, cuantificándose las relaciones entre los componentes de las mismas para las fechas citadas.

Considerando el criterio que pronosticar es deducir a partir de lo que ya aconteció, se pronosticaron las situaciones de los cuatro componentes ambientales estudiados para la década posterior al último análisis (1996-2006).

Las actividades fueron desarrolladas como parte de la Disertación "Aplicación de modelos de simulación, pronóstico y decisión en el estudio ambiental de la Región Carbonífera Catarinense", Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil.

Palabras clave:

pronóstico – componentes ambientales – fotografías aéreas – Brasil

1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA ESTUDIADA

El área estudiada se encuentra en el Municipio de Siderópolis, estado de Santa Catarina, Brasil. Está limitada aproximadamente por las coordenadas geográficas 28°33'S y 28°37'S en latitud, 49°22'W y 49°28'W en longitud, cubriendo un sector de 4' por 6'. En la latitud media del área, este sector de 4' por 6' representa aproximadamente 7,4Km en el sentido Norte-Sur por 9,8Km en el sentido Este-Oeste.

La población urbana del Municipio es de 9.349 habitantes, y la rural, 4.241 habitantes. El área está localizada en la unidad de relieve de las Depresiones Periféricas de la Cuenca del Paraná, caracterizada por el clima templado, con suelos correspondientes a los podzólicos rojo-amarillos y tierra roja estructurada. La estructura geológica corresponde a la Cobertura Sedimentaria Gondwánica, Formación Río Bonito. Incluida en la región fitogeográfica del Bosque Ombrófilo Densa o Bosque Atlántico, presenta grandes áreas bajo el control de las leyes federales y estatales de preservación. La red hídrica tiene relación con el Atlántico, formando parte de la Cuenca Sudeste del Brasil.

2. OBJETIVO

El objetivo de la pesquisa fue determinar mediante series históricas de fotografías aéreas, la evolución espacio-temporal de la vegetación arbórea, actividad minera, hidrografía y red viaria en el área de estudio entre 1957 y 1996, pronosticando las tendencias de estos componentes ambientales para la década posterior al último análisis (1996-2006).

3. MATERIAL

El estudio se basó en el aprovechamiento y aplicación de series temporales de fotografías aéreas disponibles en diferentes organismos, abarcando el área de estudio.

3.1. Vuelos fotogramétricos utilizados en el área de estudio

Las fotografías aéreas analizadas fueron 38, correspondientes a los vuelos efectuados durante los años 1957, 1966, 1978, 1992 y 1996.

En la Secretaria de Estado de Desarrollo Económico e Integración al Mercosur (SEDE-IM), Directoria de Geografía, Cartografía y Estadística, en la ciudad de Florianópolis, Brasil, fueron disponibilizadas las fotografías aéreas correspondientes a los vuelos realizados durante los años 1957, 1966 y 1978. En el Laboratorio de Fotogrametría, Teledetección y Geoprocésamiento

(LFSRG) de la Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), en Florianópolis, Brasil, fueron disponibilizadas las fotografías aéreas de los vuelos realizados en 1992 y 1996.

3.1.1. Vuelo fotogramétrico blanco y negro año 1957

Planeado originalmente en escala 1:25.000. Las fotografías disponibles fueron diez: N°259, N°260, N°261, N°262, N°263, N°264, N°275, N°276, N°277 y N°278. Por la falta de los registros marginales, no fue posible determinar altura de vuelo, distancia focal, hora y fecha del levantamiento. Fueron utilizadas en el análisis de la situación las fotos N°260, N°261, N°262 y N°263.

3.1.2. Vuelo fotogramétrico blanco y negro año 1966

Planeado originalmente en escala 1:60.000. Las fotografías disponibles fueron tres: N°63177, N°63178 y N°63179. También por la falta de los registros marginales, no fue posible determinar altura de vuelo, distancia focal, hora y fecha del levantamiento. No fue posible obtener información de la sensibilidad espectral del película y filtros utilizados en la toma de las fotografías. Fueron utilizadas en el análisis de la situación todas las fotos.

3.1.3. Vuelo fotogramétrico blanco y negro año 1978

Planeado originalmente en escala 1:25.000. Las fotografías disponibles fueron ocho: N°21120, N°21121, N°21122, N°21162, N°21163, N°21164, N°21165 y N°21166. Por la falta de los registros marginales, no fue posible determinar altura de vuelo, distancia focal, hora y fecha del levantamiento. No fue posible obtener información de la sensibilidad espectral del película y filtros utilizados en la toma de las fotografías. Fueron utilizadas en el análisis de la situación las fotos N°21162, N°21163, N°21164 y N°21165.

3.1.4. Vuelo fotogramétrico infrarrojo color año 1978

Planeado originalmente en escala 1:45.000 (Figura 1). Las fotografías disponibles fueron seis: N°24692, N°24693, N°24694, N°24725, N°24726 y N°24727. Del mismo modo que en los vuelos anteriores, por la falta de los registros marginales no fue posible determinar altura de vuelo, distancia focal, hora y fecha del levantamiento. No fue posible obtener información de la sensibilidad o ventana espectral de la película y filtros utilizados en la toma de las fotografías. El equipamiento utilizado fueron cámaras Carl Zeiss.

Aunque con muchos problemas de exposición, principalmente en los bordes de las fotografías, el infrarrojo color era a la fecha del vuelo un producto muy difícil de trabajar por su sensibilidad a las variaciones térmicas. Tratase de un levantamiento muy interesante por las características espectrales para fotointerpretación. La falta de información sobre la ventana espectral utilizada no permitió realizar una análisis temática a partir de las firmas de los elementos en las fotografías. Fueron utilizadas en el análisis de la situación las fotos N°24725, N°24726 y N°24727.

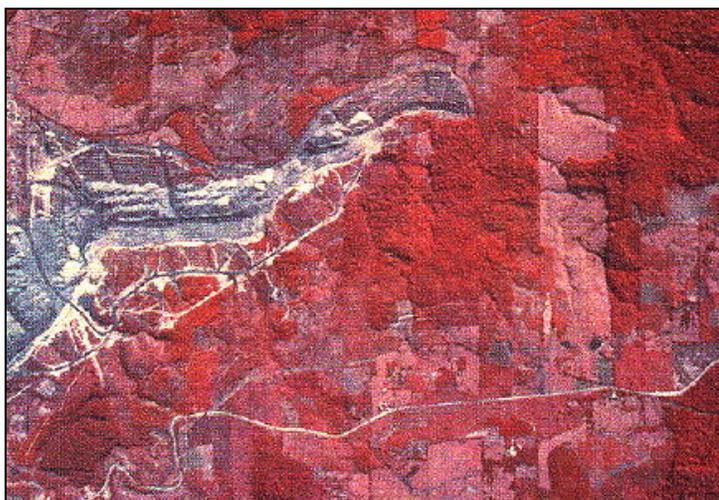


Figura 1: VUELO FOTOGRAMÉTRICO INFRARROJO COLOR AÑO 1978

Fuente: Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico e Integração ao Mercosul, Brasil – 1999.

3.1.5. Vuelo fotogramétrico blanco y negro año 1992

Planeado originalmente en escala 1:20.000. Las fotografías disponibles fueron 4: N°5358, N°5360, N°5398 y N°5400. Por la falta de los registros marginales, no fue posible determinar altura de vuelo, hora y fecha del levantamiento. No fue posible obtener información de la sensibilidad espectral del película y filtros utilizados en la toma de las fotografías. El equipamiento utilizado fue una cámara Wild RC-8 con objetivo UAg 1040 de 151,67mm de distancia focal. El levantamiento fue realizado por la empresa Aerocarta. Fueron utilizadas en el análisis de la situación todas las fotos.

3.1.6. Vuelo fotogramétrico blanco y negro año 1996

Planeado originalmente en escala 1:30.000. Las fotografías disponibles fueron 4: Línea 02 N°10, Línea 02 N°12, Línea 03 N°10 y Línea 03 N°11. El equipamiento utilizado fue una cámara Wild RC-8 con objetivo UAg 336 de 152,67mm de distancia focal. Según los registros

marginales, la altura de vuelo osciló entre 4547m y 4548m. A escala media fue 1:28.500 para estas fotografías (200m altitud media del terreno). El levantamiento fue realizado por la empresa Aerocarta de São Paulo en junio de 1996. Las fotografías utilizadas fueron tomadas entre las 10:02 a.m. y 10:22 a.m. No fue posible obtener información de la sensibilidad espectral del película y filtros utilizados en la toma de las fotografías. Fueron utilizadas en el análisis de la situación todas las fotos.

Durante este levantamiento, el área fue fotografiada también en escala 1:5.000, utilizando el mismo equipamiento. Las fotografías disponibles fueron 3: Línea 05 N°7, Línea 05 N°9 y Línea 05 N°11. Por la ilegibilidad de los registros marginales, no fue posible determinar altura de vuelo, hora y fecha del levantamiento. No fue posible obtener información de la sensibilidad espectral del película y filtros utilizados en la toma de las fotografías. Fueron utilizadas en el análisis de la situación todas las fotos.

4. MÉTODO

El método se realizó en dos etapas: la fotointerpretación de las series 1957, 1966, 1978, 1992 y 1996, y la elaboración de los modelos de pronóstico para determinación de tendencias.

4.1. Fotointerpretación de las series 1957, 1966, 1978, 1992 y 1996

Se realizó la interpretación de las series históricas de fotografías aéreas. Esta actividad tuvo dos formas: fotointerpretación visual clásica y procesamiento digital. La primera forma estuvo orientada a la determinación cualitativa de los elementos del paisaje. La segunda, se orientó a los aspectos cuantitativos o métricos de las fotografías aéreas.

4.1.1. Fotointerpretación visual

La fotointerpretación visual clásica se realizó basada en el análisis estereoscópico, por el hecho que los elementos naturales y las actividades antrópicas del área, están condicionadas a la variación altimétrica producida por la actividad minera. A posibilidad de efectuar estereoscopia en el monitor de modo eficiente y económico no está disponible en la actualidad al usuario de equipamientos convencionales. Sólo la digitalización en dos dimensiones en el monitor fue accesible, por lo cual se adoptó el análisis estereoscópico convencional, considerando que a variable

altimétrica tiene influencia en pesquisas ambientales, y debe ser adecuadamente atendida.

El procedimiento utilizado consistió en la exploración estereoscópica de las fotografías aéreas utilizando estereoscopio de bolsillo, con transposición simultánea de los resultados a las fotografías aéreas georreferenciadas mediante digitalización en el monitor o *on-screen*. Se generaron vistas dentro de un ambiente de Sistema de Información Geográfica, con las correspondientes bases de datos.

Para alcanzar el objetivo planteado, fueron identificadas en cada serie de fotografías aéreas disponibles los siguientes elementos:

a) COBERTURA ARBÓREA DEL SUELO

- 1) Área ocupada con cobertura arbórea compuesta por especies nativas y/o exóticas. Como en la escala de fotografías aéreas utilizada estos tipos de coberturas arbóreas presentan textura similar, no fue posible distinguir entre unidades compuestas de nativas o exóticas exclusivamente.
- 2) Área ocupada con cobertura arbórea homogénea. Tratase de unidades que presentan patrón de textura y tono homogéneos, lo que permitió el reconocimiento.
- 3) Área ocupada con cobertura arbórea de especies pioneras sobre restos y material estéril de la actividad minera. Estas unidades se encuentran formadas principalmente por Eucaliptus sp. sobre cobertura removida, restos y depósitos de material estéril de actividad minera, hecho que facilitó a fotointerpretación.

b) ACTIVIDAD MINERA

- 1) Cobertura removida. Corresponde a las áreas que presentan labras a cielo abierto, con actividad minera francamente establecida.
- 2) Cobertura preparada. Corresponde a las áreas en las cuales se desarrollarán actividades mineras a cielo abierto. Esta preparación del terreno era exigida por el método de explotación utilizando equipamientos tipo "drag-in-line".
- 3) Lagos artificiales. Estas unidades son vestigios típicos de los sectores con actividad minera a cielo abierto, colmadas principalmente con aguas pluviales.

c) HIDROGRAFIA

- 1) Cursos principales. Corresponde al canal principal del río Fiorita, con caudal permanente en

el área de estudio.

- 2) Cursos secundarios. Corresponden a los tributarios estacionales detectados en la fotointerpretación a partir de observación directa o inferencia mediante el patrón de la vegetación ciliar.

d) VÍAS DE COMUNICACIÓN

- 1) Vías principales. Las vías principales fueron determinadas a partir del reconocimiento de las vías con mayor ancho, en concordancia con los datos de campo y cartografía antecedente.
- 2) Vías secundarias. Corresponden todos las vías restantes que fueron detectadas y fotointerpretadas en las fotografías aéreas. Se incluyen las vías de servicio en las áreas de actividad minera y las de salida de las unidades productivas de recursos forestales.
- 3) Vías de ferrocarril. Corresponde a un trecho de la vía de ferrocarril de trocha larga (1.40m), entre Criciúma y Treviso.

Aunque otras claves de interpretación podrían ser utilizadas, estos elementos fueron elegidos por el hecho de ser determinantes en el análisis del paisaje estudiado. No siendo el objetivo de la pesquisa profundizar en fotointerpretación, fue utilizado un número restringido de clases en las cuales fuese posible realizar determinaciones de los elementos con seguridad. No fue posible determinar el Catastro de Inmuebles, tanto por levantamientos antecedentes específicos cuanto por trabajos de campo actuales.

4.1.2. Procesamiento digital series 1957, 1966, 1978, 1992 y 1996

El procesamiento digital atendió los aspectos cuantitativos y métricos de las fotografías aéreas utilizadas, tales como georreferenciación y proyección. Consistió inicialmente en la conversión de la información analógica de las fotografías aéreas al medio digital, realizada mediante *scannerización* de las mismas. La resolución utilizada fue de 71 μ m (360 puntos por pulgada). Se eligió esta resolución por el hecho que a misma permite detectar los elementos a interpretar, no generando archivos que presenten dificultad de manejo en el procesamiento por su tamaño.

Se generó un archivo por cada foto *scannerizada*. El formato de salida elegido fue tif (*tag image format file*), por el hecho de no producir degradación por compresión, además de estar difundido y ser aceptado por la mayor parte de los programas de procesamiento de imágenes.

Posteriormente a la obtención de los archivos, fue preciso relacionarlos independiente-

mente a un sistema de coordenadas generales y unificar el sistema de proyección, con la finalidad de tornar comparables geoméricamente los productos obtenidos en diferentes escalas, fechas y puntos de exposición.

La proyección aplicada al material fotográfico en formato digital fue Mercator Transversa Universal huso 22 hemisferio Sur. Para esto se utilizó un levantamiento aerofotográfico desarrollado por la empresa Aerocarta y la Agencia Japonesa de Cooperación Internacional (JICA) como fuente de coordenadas planimétricas en la obtención de puntos de control necesarios para los procesos de corrección geométrica. Se ejecutaron los módulos de remuestreo y proyección cartográfica del programa de procesamiento de imágenes, generando archivos tipo LAN para ser aprovechados por el Sistema de Información Geográfica. Finalmente, fueron aplicados ajustes para homogeneizar el brillo y contraste entre las fotografías aéreas utilizando programas de procesamiento de imágenes.

4.2.Elaboración de los modelos de pronóstico para determinación de tendencias

Para pronosticar situaciones futuras en función de las tendencias actuales en la cobertura arbórea del suelo, actividad minera, red hídrica y red viaria, se utilizaron cuantificadores espaciales propios del GIS. Los resultados obtenidos, reducidos a base 100 en 1957, fueron representados en gráficos de coordenadas cartesianas X-Y.

4.2.1. Procedimiento para obtención de los modelos de pronóstico

Para pronóstico de la tendencia en la cobertura del suelo, se cuantificó el área ocupada en 1957, 1966, 1978, 1992 y 1996 con cobertura arbórea compuesta por especies nativas y/o exóticas, cobertura arbórea homogénea y cobertura arbórea de especies pioneras sobre restos y material estéril.

Con la finalidad de tornar comparables los resultados, los valores de área correspondientes al año 1957 se establecieron como base 100. Para los valores de 1966, 1978, 1992 y 1996 se calculó la variación porcentual. Estos resultados fueron representados en gráficos donde el eje X corresponde el tiempo t en años, y el eje Y, representa la variación porcentual ($t\%$).

Para pronóstico de la tendencia en la actividad minera, se cuantificó el área afectada por remoción de cobertura superficial para labras a cielo abierto, preparación del terreno para la misma finalidad y lagos artificiales.

Los valores de área correspondientes a 1957 se establecieron como base 100. Para los

valores de 1966, 1978, 1992 y 1996 se calculó la variación porcentual. Los resultados fueron representados en gráficos t-%.

Para pronóstico de la tendencia en la red hídrica, Se cuantificó la longitud total de los cursos principales y de los secundarios. Los valores de longitud de los cursos principales y secundarios correspondientes a 1957 se establecieron como base 100. Para los valores de 1966, 1978, 1992 y 1996 se calculó la variación porcentual. Los resultados fueron representados en gráficos t-%.

Para pronóstico de la tendencia en la red viaria, se cuantificó la longitud total de las vías principales y secundarias. Los valores de longitud total de las vías principales y secundarias correspondientes a 1957 se establecieron como base 100. Para los valores de 1966, 1978, 1992 y 1996 se calculó la variación porcentual. Los resultados fueron representados en gráficos t-%.

En todos los casos, partiendo del criterio que pronosticar es deducir a partir de las tendencias actuales, la determinación de las situaciones en la década posterior al último análisis (1996-2006) fue realizada gráficamente siguiendo la pendiente y forma de distribución de los datos en el período 1957-1996

5. RESULTADOS

5.1.Resultados de los modelos de pronóstico

Con finalidad de tornar comparables los resultados obtenidos para los modelos de simplificación sobre las 1200Ha consideradas, los valores correspondientes a 1957 se establecieron como base 100. Los resultados, expresados en la Tabla 1, indican la variación porcentual de los elementos cuantificados en el período 1957 - 1996.

En la cobertura arbórea del suelo (Figura 2), verificase la creciente ocupación del área con actividad minera con especies pioneras. Se registró también, disminución en la cobertura de nativas y exóticas en el comienzo del período de estudio, con lenta recuperación en el final. Las áreas dedicadas al reforestamiento intensivo, cedieron lugar a espacios con individuos homogéneos, notándose en franca disminución.



Figura 2: ESTADO DE LA COBERTURA ARBÓREA EN 1957, 1966, 1978, 1992 Y 1996
Verde oscuro: reforestamiento – Verde claro: nativas y exóticas – Rojo: especies pioneras
Procesamiento: Sánchez Dalotto, 2000.

El área de actividad minera (Figura 3) destinada a las labras a cielo abierto tuvo fuerte incremento en la segunda mitad del período analizado, estabilizándose en el final del mismo. Igual comportamiento presentó el área ocupada por lagos artificiales producto de la actividad minera. Las áreas preparadas y removidas para actividad minera se estabilizaron en la segunda mitad del período de estudio, habiendo fuerte incremento en la etapa inicial.

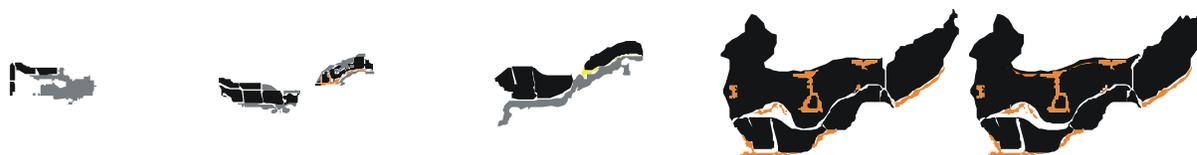


Figura 3: ESTADO DEL ÁREA CON ACTIVIDAD MINERA EN 1957, 1966, 1978, 1992 Y 1996
Gris: área preparada – Negro: área removida – Naranja: lagos artificiales
Procesamiento: Sánchez Dalotto, 2000.

Tabla 1: VARIACIÓN PORCENTUAL DE LOS ELEMENTOS CUANTIFICADOS (1957 = BASE 100)
Procesamiento: Sánchez Dalotto, 2000.

	AÑO				
	1957	1966	1978	1992	1996
Área Nativas + Exóticas (%)	100.00	71.43	126.47	148.32	189.92
Área Reforestamiento (%)	100.00	68.89	60.00	43.33	30.00
Área Pioneras sobre restos y estéril (%)	100.00	100.00	100.00	1000.00	3100.00
Área Cobertura removida (%)	100.00	155.56	255.56	1366.67	1400.00
Área Cobertura preparada (%)	100.00	200.00	600.00	0.00	0.00
Área Lagos artificiales (%)	100.00	110.00	110.00	1000.00	1100.00
Longitud cursos principales (%)	100.00	99.73	86.60	75.74	73.59
Longitud cursos secundarios (%)	100.00	100.17	101.84	88.38	94.39
Longitud Vías principales (%)	100.00	98.97	110.46	85.34	84.31
Longitud Vías secundarias (%)	100.00	142.04	194.14	195.29	199.02

Las actividades mineras con labras a cielo abierto produjeron reducción de los canales de la red hídrica principal y secundaria (Figura 4). En el período estudiado, esta situación se pre-

sentó irreversible considerando la recuperación de los canales naturales eliminados.

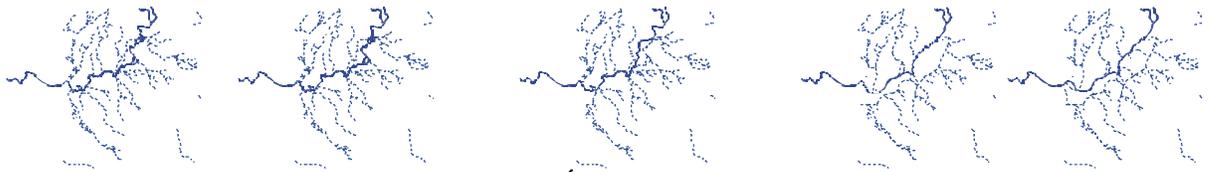


Figura 4: ESTADO DE LA RED HÍDRICA EN 1957, 1966, 1978, 1992 Y 1996
Azul trazo lleno: cursos principales – Azul trazo punteado: cursos secundarios
Procesamiento: Sánchez Dalotto, 2000.

Respecto a la red de comunicaciones terrestres (Figura 5), la red viaria principal predominante en el sentido NE - SW confluyendo en Río Fiorita, tuvo un inexpresivo incremento en su longitud total, evolucionando finalmente a una extensión total menor en el final del período analizado.

Como contraste, la red viaria secundaria, predominante en el sentido N - S conectando los ramales de vías principales del área, se incrementó en su longitud total en relación el inicio del período estudiado. Este incremento fue ocasionado por la apertura de vías de servicio destinadas a la entrada y salida de camiones de las minas y de las unidades rurales destinadas a la producción de madera. En el período estudiado, la desactivación de las vías secundarias fue gradual a partir de la disminución de las actividades mineras. El trazado de las vías de ferrocarril no sufrió alteración durante el período estudiado.



Figura 5: ESTADO DE LA RED DE COMUNICACIONES TERRESTRES EN 1957, 1966, 1978, 1992 Y 1996
Rojo: red viaria – Negro: ferrocarril
Procesamiento: Sánchez Dalotto, 2000.

La tendencia evolutiva de los elementos estudiados en la década posterior al último análisis (1996-2006) aunque puede ser calculada numéricamente utilizando programas para aplicaciones matemáticas, fue determinada gráficamente siguiendo la pendiente y forma de distribución de los datos en el período 1957-1996. Los resultados están expresados en los Gráficos 1, 2, 3 y 4.

Los procesos de pronóstico pueden ser realizados con cierto margen de seguridad por períodos iguales al período de datos (39 años en el caso estudiado). Esto, en teoría, habilitaría al investigador a pronosticar las situaciones estudiadas desde 1996 hasta 2035 en cuanto no existan

en las variables interferencias naturales (crecientes, sequías, incendios) o antrópicas (alteración de la economía, cambio del tipo de exploración, condicionantes político-ecológicos, políticas de incentivo).

En el estudio fueron utilizados diez años para pronóstico. Justificase este período por el hecho de percibirse pendientes ascendentes sin puntos de inflexión futura en situaciones tales como cobertura del suelo con pioneras o, con menor pendiente, recuperación de las áreas con nativas y exóticas, imposibilitando el pronóstico adecuado. También la estabilización del proceso antrópico de actividad minera indica la baja probabilidad de mantener ese *status quo* en el futuro.

En la cobertura del suelo se pronostican tendencias de crecimiento en el área ocupada por pioneras sobre restos y material estéril. En menor escala, se incrementará el área ocupada por nativas y exóticas, con predominio de las segundas. El área destinada al reforestamiento exclusivo presentará tendencia decreciente en el tiempo.

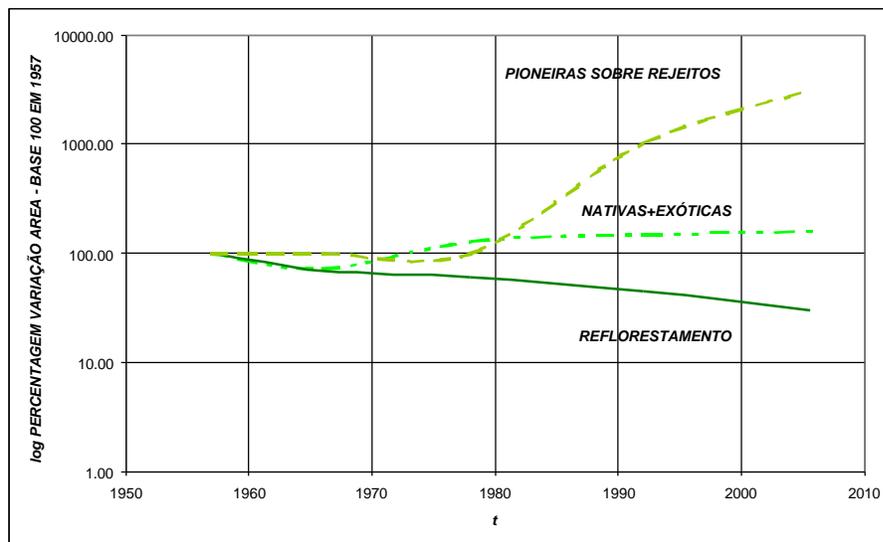


Gráfico 1: TENDENCIAS EN LA VARIACIÓN PORCENTUAL DE LA COBERTURA DEL SUELO (1957 = BASE 100) PERÍODO 1996 - 2006
Procesamiento: Sánchez Dalotto, 2000.

La estabilización de las áreas ocupadas por labras a cielo abierto y lagos artificiales es la característica distintiva de las tendencias en actividad minera.

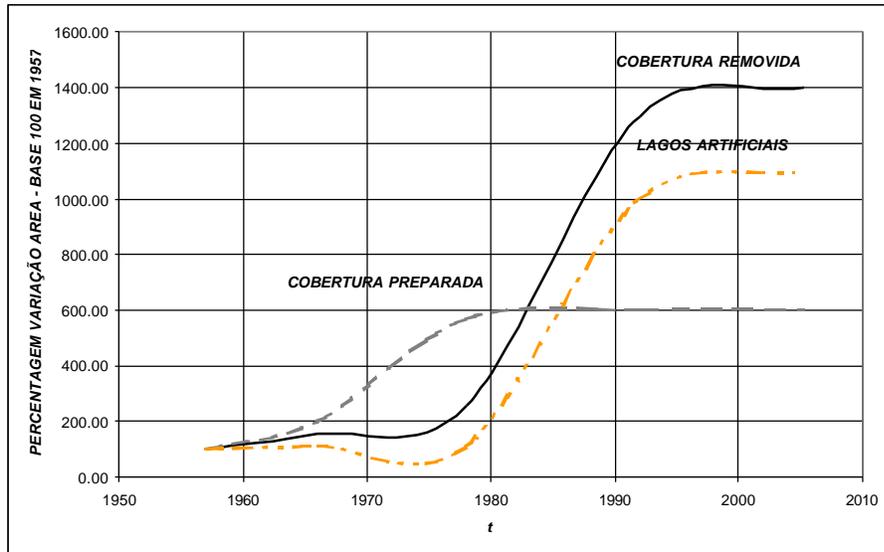


Gráfico 2: TENDENCIAS EN LA VARIACIÓN PORCENTUAL ÁREA DE ACTIVIDAD MINERA (1957 = BASE 100) PERÍODO 1996 - 2006
 Procesamiento: Sánchez Dalotto, 2000.

Por la naturaleza irreversible de supresión de los canales naturales, la estabilización de la longitud de los cursos de la red hídrica es la característica distintiva de las tendencias detectadas.

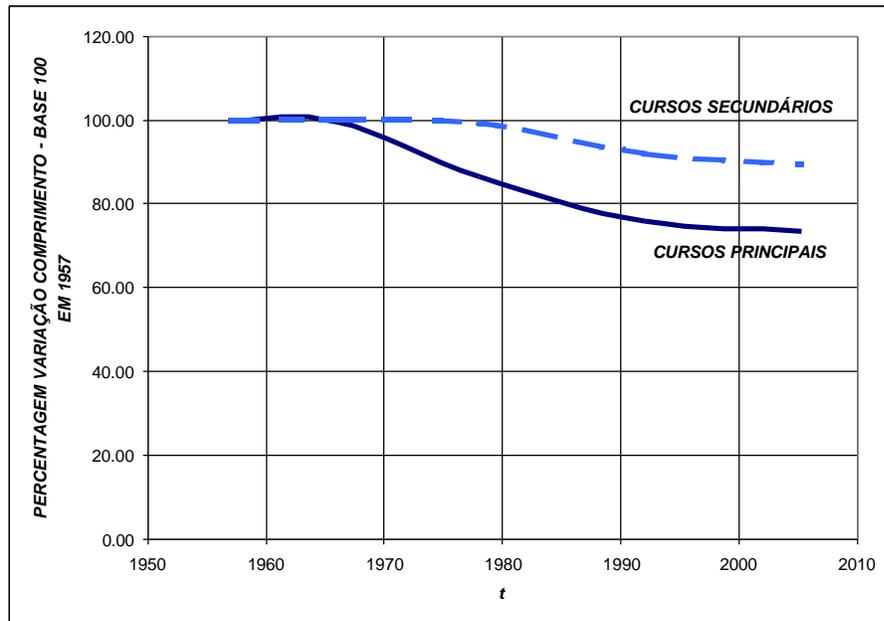


Gráfico 3: TENDENCIAS EN LA VARIACIÓN PORCENTUAL DE LA RED HÍDRICA (1957=BASE 100) PERÍODO 1996 - 2006
 Procesamiento: Sánchez Dalotto, 2000.

Pronosticase la estabilización de la longitud de las vías en la red viaria principal. En el caso de la red secundaria, pronosticase la desactivación progresiva de las mismas a partir de la disminución de la actividad minera.

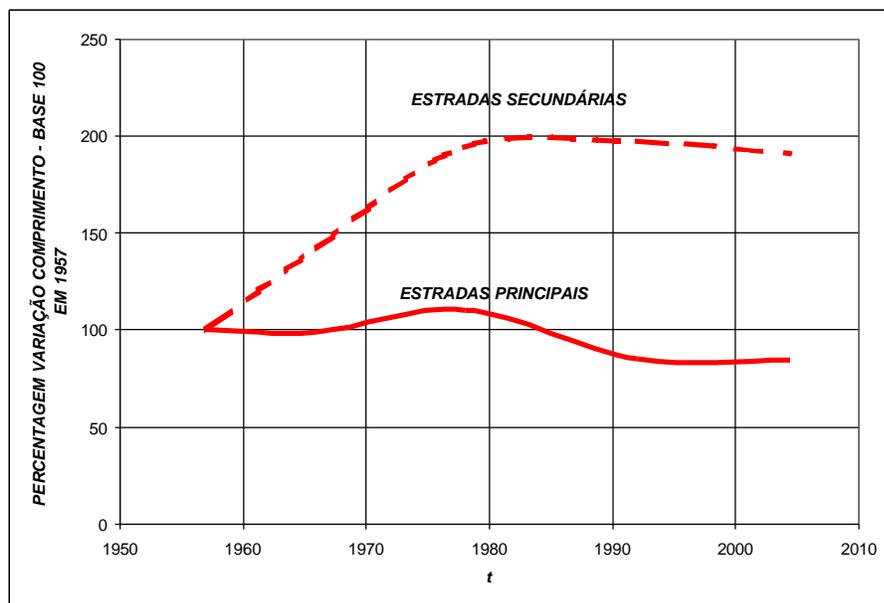


Gráfico 4: TENDENCIAS EN LA VARIACIÓN PORCENTUAL DE LA RED VIÁRIA (1957 = BASE 100) PERÍODO 1957 - 2006
 Procesamiento: Sánchez Dalotto, 2000.

6. CONCLUSIONES

Se determinó con suceso la evolución espacio-temporal de la vegetación arbórea, actividad minera, hidrografía y red viaria en el área de estudio entre 1957 y 1996 utilizando series históricas de fotografías aéreas.

Se pronosticó la tendencia en la ocupación espacial de las estructuras naturales y antrópicas analizadas en el sector del Municipio de Siderópolis considerado, utilizando modelos cartográficos adecuados.

Se observó la interacción múltiple existente entre los componentes ambientales analizados y la sensibilidad a la variación espacio-temporal de los mismos ante acciones antrópicas, hecho que impone restricciones a la implementación de los modelos de pronóstico.

7. BIBLIOGRAFIA DE REFERÊNCIA

DAL POZ, A. P. **Mapeamento por técnicas fotogramétricas**. Universidade Federal de Viçosa-MG. 1992. 90p.

EBNER, H.; FRITSCH, D.; HEIPKE, C. (Ed.) **Digital photogrammetric systems**. Karlsruhe, Diótschland : WICHMANN, 1991. 343p.

- ESRI - ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **Working with the ArcView[®] Spatial Analyst**. Redlands, United States : ESRI. 1996.
- IGAC - INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. **Conceptos básicos sobre Sistemas de Información Geográfica y Aplicaciones en Latinoamérica**. Santa Fe de Bogotá, Colombia : GRÁFICAS COLORAMA, 1995.
- KÖRNER, A.; GONZÁLEZ LEIVA, J.; HENRÍQUEZ REYES, M.; RIOSECO HORNAZÁBAL, R. **Cartografía temática**. Santiago de Chile : EDICIONES UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE, 1988. 129p.
- LOCH, C.; LAPOLLI, E. M. **Elementos básicos da fotogrametria e sua utilização prática**. 4a ed. Florianópolis: Ed. UFSC. 1994. 87p.
- MANEJO DE ÁREAS NATURAIS PROTEGIDAS (1997 : Curitiba). **Unidades de conservação, conceitos básicos e princípios gerais de planejamento, manejo e administração**. Curitiba, Brasil : UNIVERSIDADE LIVRE DO MEIO AMBIENTE, 1997.
- MÁRKUS, B. Decision making in GIS. In: BÄHR, H.; VÖGTLE, T. **GIS for environmental monitoring**. Chapter IV GIS application for environmental monitoring. Stuttgart, Germany : SCHWEIZERBART, 1999. 357p.
- PIRES, F.; BAUZER MEDEIROS, C. **Um ambiente computacional de modelagem de aplicações geográficas**. Caderno de Informações Georreferenciadas (CIG), Vol. 1, N° 1, Año 4 no endereço <http://www.cig.com.br> na data 23 out. 1999.
- SILVA NASCIMENTO, R. **Análise da organização espacial do uso e ocupação do solo através do Cadastro Técnico Multifinalitário rural**. Florianópolis, Brasil, 1994. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, área de concentração Cadastro Técnico Multifinalitário) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Brasil.
- STRANDBERG, C. **Manual de fotografia aérea**. Barcelona, España : OMEGA, 1975. 268p.
- VELOSO, H. Et al. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro : IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. 124p.
- WOLF-SCHUMANN, U; VAILLANT, S. TimeView: a time series management system for GIS and hydrological systems in: KOVAR, K.; NACHTNEBEL, H. P. **Application of Geographic Information Systems in Hydrology and Water Resources Management**. Oxfordshire, United Kingdom : INTERNATIONAL ASSOCIATION OF HYDROLOGICAL SCIENCES. 1996, 711p.

Currículum resumido de los autores:

Roque A. Sánchez Dalotto: Cartógrafo graduado en la Facultad de Ciencias Hídricas, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina. Pos-graduación en Engenharia Civil, Área Cadastro Técnico Multifinalitário. Docente de la Cátedra de Cartografía, Facultad de Ciencias Hídricas, Universidad Nacional del Litoral, Argentina. Participación en cursos y congresos en la Argentina, Chile, Brasil, España, Francia y Alemania. Publicaciones específicas en la Argentina, Brasil y Alemania.

Carlos Loch: Ingeniero Agrimensor. M.Sc. En Ciências Geodésicas, opción Fotogrametría, (UFPR), Brasil. Doctor en Ingeniería Forestal, opción Manejo Forestal (UFPR), Brasil. Profesor de la Universidad Federal de Santa Catarina. Supervisor del Laboratorio de Ciencias Geodésicas. Coordinador de la Maestría en Ingeniería Civil. Coordinador del Grupo de Trabajo Catastro Técnico Urbano y Rural. Miembro del Consejo Editorial de la Revista Brasileña de Cartografía y Revista Pesquisas del Instituto de Geociencias de la URGs. Miembro del Consejo Deliberante de la Sociedad Brasileña de Cartografía. Coordinador Técnico del Seminario Nacional de Catastro Técnico Multifinalitário para Órgãos de la Tierra. Coordinador General de los Congresos Brasileños de Catastro Técnico Multifinalitário. Supervisor del Laboratorio de Fotogrametría, Teledetección y Geoprocesamiento de la Universidad Federal de Santa Catarina, Brasil. Director ejecutivo de la Red Tecnológica Aeroespacial y Cartográfica Brasileña.