

CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO SOBRE EL SISTEMA DE DRENAJE NATURAL EN EL DISTRITO DE LA COSTA UTILIZANDO CARTOGRAFIA TEMPORAL.

Collins, Jorge (1,2), Tabernig, Darío (1)

(1) Instituto Nacional del Agua CRL, (2) Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas

E-mail: collinsjorge@gmail.com, dftabernig@yahoo.com.ar

RESUMEN

Al este de la ciudad de Santa Fe, en el valle aluvial del río Paraná, se encuentra el distrito "de la Costa", que abarca parte de la ciudad mencionada (Colastiné Norte) y poblaciones como San José del Rincón y Arroyo Leyes entre otras, con un crecimiento urbanístico y de infraestructura importante. Si bien existieron diversas obras para proteger la zona de las inundaciones cíclicas del río, es en la década de 1.990 que se da inicio a la construcción de los actuales anillos de defensas, favoreciendo significativamente el desarrollo demográfico. Desde aquella época hasta la actualidad dichas zonas como su entorno sufren modificaciones del drenaje natural interno, viéndose anegada en situaciones hidrológicas extremas, con difíciles soluciones de saneamiento. Un conocimiento del sistema natural antes de dicho expansión urbana, permite mejorar las diferentes alternativas de solución. Este trabajo consiste en el seguimiento histórico de diferentes imágenes y fotografías aéreas sobre la zona, apoyadas con cartas topográficas, topografías realizadas y unificadas todas, a un solo sistema de georreferenciación, identificándose las vías de escurrimiento, bajos, lagunas temporales, viviendas, caminos, vegetación, etc., confeccionando así, una cartografía temática temporal de la modificación del uso del suelo y de la ocupación de las componentes del sistema de desagüe natural.

Cabe destacar que desde la construcción y consolidación de las defensas, parte de la población de la ciudad de Santa Fe migró hacia esta zona en busca de un mejor bienestar de vida, y como consecuencia, produjo un incremento considerable de viviendas, aumentando las áreas impermeables y la ocupación de las líneas de escurrimiento, que sumado a la urbanización de zonas bajas dan como resultado grandes inconvenientes a la población que se ven agravados por la falta de una planificación ordenada.

1. INTRODUCCION

El actual Distrito La Costa está ubicado en el sistema del valle aluvial del río Paraná. Comprende desde el kilómetro cero de la Ruta Provincial Nro. 1 hasta el kilómetro 30 aproximadamente. Esta zona es un paso obligado hacia la costa del río Paraná y en sentido Norte - Sur para el tráfico comercial, tanto interprovincial como internacional. Ha ido cobrando importancia gracias al fácil acceso, al espacio disponible para la radicación de instalaciones y al paisaje circundante. El terreno era típico de isla con un medio ambiente apacible y tranquilo. En el entorno de la zona se observa que las vías de comunicación y uso del suelo fueron sufriendo modificaciones en el tiempo relacionadas al desarrollo de la trama de la ciudad de Santa Fe. Originalmente este distrito pertenecía a zonas de quintas productivas que se dedicaban a diferentes cultivos o a la cría de ganado. Sin embargo al ir pasando los años se aprecian diferentes modificaciones con respecto al uso original del suelo. Debido al entorno la población fue migrando hacia esta zona con el consecuente cambio de ocupación. Las quintas y los pequeños campos se fueron loteando para darle lugar a la construcción de viviendas permanentes. La consecuencia de estos cambios es que los servicios públicos demoran en llegar a la población. La evolución de la distribución espacial de los elementos se encuentran relacionados a las diferentes decisiones políticas-económicas y las necesidades que fue tomando la misma zona en el paso del tiempo.

2. OBJETIVO

2.1. *Objetivo general*

Realizar una cartografía temporal del distrito de la costa y su entorno empleando como medio principal fotografías aéreas y diferentes situaciones hidrológicas para determinar la afectación del crecimiento demográfico sobre el sistema de drenaje natural.

2.2. *Objetivos específicos*

- Relevar con GPS puntos característicos de las fotografías para su georreferenciación.
- Generar fotomosaicos ajustados según el material fotográfico recopilado de distintas épocas.
- Digitalizar coberturas impermeables (viviendas, galpones, etc.) según en que años se detecten.
- Determinar áreas de superficies impermeables.
- Generar una cartografía temporal del área de estudio.
- Determinar grado de afectación en diversas situaciones hidrológicas sobre la población costera.

3. ÁREA DE ESTUDIO

La superficie estudiada corresponde a parte de las ciudades de Santa Fe (La Guardia, Colastiné) y San José del Rincón. En la Figura N° 1 se observa la ubicación general del área de estudio en relación a su entorno geográfico y la Figura N° 2 un detalle de la misma.

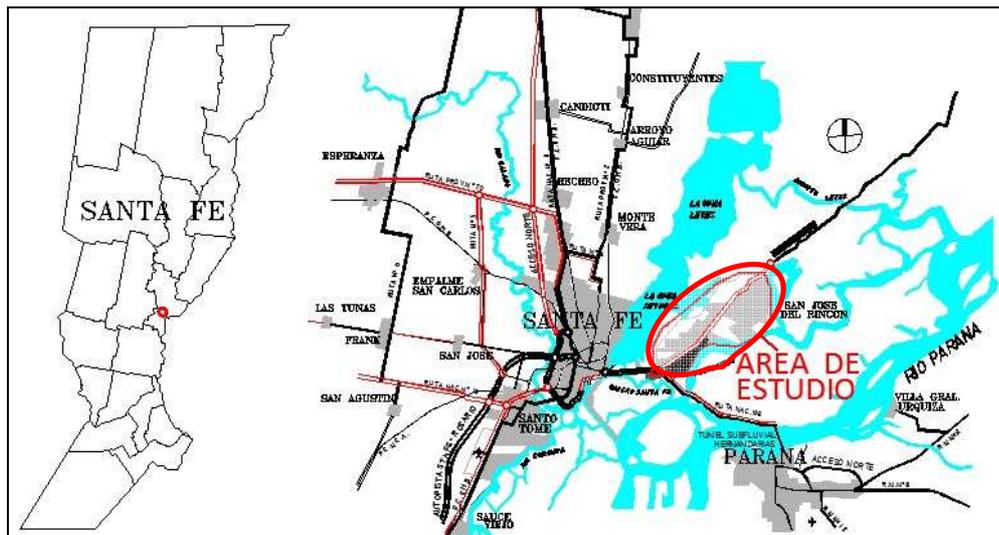


Figura 1: Área metropolitana de Santa Fe.

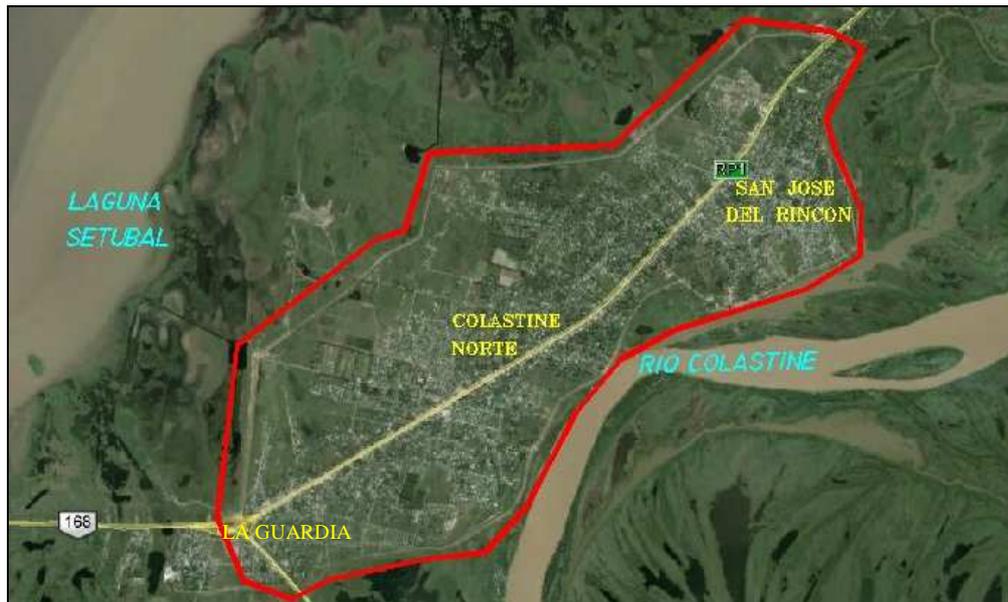


Figura 2: Área de estudio

3.1 Materiales e instrumentos

De campo:

- GPS navegador marca **Garmin** modelo **E-TREX**.
- Cámara fotográfica digital marca **Olympus**.
- Automóvil.

De gabinete:

- Notebook marca **HP** modelo **G72**, i3, 500 Gb de capacidad de disco rígido, 4 GB de memoria RAM y pantalla de 17,3 pulgadas.
- Escáner **UMAX Mirage Ilse** de formato A3, propiedad del Depto de Cartografía de la FICH-UNL.
- Programas; para transformación de coordenadas

4. MÉTODO

Con el objeto de determinar la evolución de las construcciones y áreas específicas para el escurrimiento natural en el distrito costero y sus alrededores, se planificó el desarrollo de las siguientes actividades.

Para determinar la planimetría de los puntos de control para la georeferenciación del sector de estudio y las áreas de cobertura de las fotografías se decidió tomar las coordenadas en el terreno con navegador GPS.

Para los trabajos de gabinete, donde el propósito fue la determinación del grado de evolución de las obras, se decidió aplicar métodos fotogramétricos simples, de interpretación de imágenes y cartográficos.

4.1. Búsqueda y análisis de antecedentes

Se realizó un trabajo de búsqueda en distintos organismos e instituciones nacionales, provinciales y municipales con referencia de antecedentes cartográficos y fotográficos referidos al área en estudio. Se detallan a continuación:

- **Fuerza Aérea Argentina, Comando Operaciones Aéreas, 2^{da} Brigada Aérea, Paraná.**
Material fotográfico, 1998, escala 1:100.000, cobertura total.
- **Ministerio de Aguas, Servicios Públicos y Medio Ambiente, Provincia de Santa Fe.**
Material cartográfico, carta topográfica IGM escala 1:50.000 año 1.960 (3160-26-4 Santa Fe), y en escala 1:100.000 año 1.948, ambas en formato digital.
Material fotográfico, 1.968, escala 1:20.000.
Material fotográfico, fotomosaico, 1.977, escala 1:50.000.
Material fotográfico, 1.992, escala 1:20.000.
- **Servicio de Catastro e Información Territorial (SCIT), Provincias de Santa Fe.**
Material fotográfico, 1.955, escala 1:20.000.
Antiguo formato IGM 1:25.000 4.822d Santa Fe Este, año 1.926.
Perfil Edificado Colastiné año 1.994 y San José del Rincón año 1.994 y 2.009; archivos vectoriales digitales.
- **Instituto Nacional del Agua – Centro Regional Litoral**
Material fotográfico, Años 1.977, 1.989, 1.995, 1.997, 2.000, 2.003, 1.970 en escala 1:5.000.
Cartas de Riesgo Hídrico, 1.992 en escala 1:10.000.
Curvas de potencial inundación obtenidas a partir de modelos matemáticos para las cartas de Riesgo Hídrico Actualizadas del Gran Santa Fe, 2006.
- **GOOGLE EARTH**
Imagen del 14 de ABRIL de 2.016.

En relación a las fotografías aéreas obtenidas en los distintos organismos públicos, Tabla N°1, se realiza las siguientes observaciones:

- **Años 1.968** Sus corridas fotográficas cubren un amplio sector del área en estudio; muy buenas fotografías con grandes contrastes clarososcuros, en época de estiaje.
- **Año 1.977** La cobertura del área de interés es en su gran mayoría. Tonos oscuros mayoritariamente. Bajos contraste, en época de crecida.
- **Año 1.977** Cobertura total del área en un fotomosaico general de la ciudad de Santa Fe y zona de la costa. Pequeña escala. Tonos oscuros y bajos contrastes, en época de crecida.
- **Año 1.992** Cobertura total en los fotogramas; superposición del 20% aproximadamente. Buen contraste, en época de crecida.
- **Año 1.995** Muy buenos contrastes; sin cobertura del área de estudio.
- **Año 1.998** Una sola fotografía de cobertura total en tonos claros.
- **Año 2.000** Serie de fotografías; fueron necesarias cinco para cubrir el área pero muy buena cobertura (casi total) y nivel de detalles.
- **Año 2.003** Serie fotográfica sin cobertura, con muy buena superposición y detalles; tonos claros y bajos contrastes.

TABLA N° 1: Características de las fotografías aéreas

FOTOGRAFÍAS	Fecha	Tamaño (cm)	Escala	Formato	Superposición longitudinal
	18/10/1.968	23x23	1:20.000	Papel	40%
	21/10/1.974	23x23	1:20.000	Papel	-
	14/03/1.977	23x23	1:20.000	Papel	-
	1.977	-	1:50.000	Papel	-
	05/07/1.992	23x23	1:20.000	Digital	40%
	01/12/1.997	23x23	1:100.000	Digital	-
	21/04/1.995	23x23	1:10.000	Papel	-
	06/05/1.998	-	1:100.000	Digital	-
	05/01/2.000	23x23	1:5.000	Papel	60%
	04/09/2.003	23x23	1:5.000	Papel	60%

El material cartográfico recopilado en mapas confeccionadas por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), constituye un importante elemento de referencia para la cartografía a realizar, ya que los relevamientos para la confección de las mismas corresponden al año 1.926 la plancheta, 1.948 la carta 1:100.000 y 1.960 la carta 1:50.000.

En relación a las alturas hidrométricas registradas en las fotografías aéreas se recurrió a los archivos de la Dirección Nacional de Construcciones Portuarias y Vías Navegables (ciudad de Paraná), documentados en el Puerto de Santa Fe, obteniendo los siguientes valores: 18/OCT/68: 1,20 m (mín. 0.06m), 14/MAR/77: 6,23 m (máx. 6.33m), 10/JUL/92: 6,35 m (máx.7.42m), 06/MAY/98: 7,15 m (máx. 7.26m) y 14/ABR/16: 6,26 m (máx. 6.60m).

4.2. Preparación de la información previa.

Se seleccionó las fotografías aéreas más representativas del comportamiento urbanístico en el área de estudio, años 1.968, 1.977, 1.992, 1.998 y la imagen satelital del 2.016, descartándose las siguientes:

- Fotomosaico del año 1.977 a escala 1:50.000, no se utilizó debido a la escala y ya que para ese año se obtuvo una fotografía a escala 1:20.000 en la cual se aprecian mejor los detalles.
- Fotografías del año 1.995, 1.997 y 2.003, no se utilizaron debido a que no cubren el área de estudio o la escala de la fotografía no permite distinguir las mejoras.

Una vez hecha esta selección, se escaneó en la opción 300 ppp para la mayoría de las fotografías debido a que es buen equilibrio entre la información obtenida y el tamaño de cada archivo; porque de lo contrario se torna engorroso trabajar con un volumen de datos importantes. Salvo para las que estaban en una escala chica se rasterizó con mayor resolución; de 600 ppp.

4.3. Identificación de puntos para georreferenciación.

Una vez que se tuvieron las fotografías aéreas en formato raster digital se procedió a realizar una georreferenciación buscando puntos a relevar sobre un archivo digital del manzanero del distrito en formato ACAD. Se llevó a cabo, basándose en el armado de un croquis con la cobertura de cada fotografía para poder comparar el área que cubre cada una y luego preseleccionar puntos que sirvan para la georreferenciación definitiva con las coordenadas tomadas en el terreno.

La selección de los puntos característicos se llevó a cabo con el criterio de que abarque la máxima área en cada foto y que a su vez sean útiles para otras fotografías. Para la determinación

de los mismos se preseleccionaron principalmente cruces de calles, avenidas, caminos en las afueras del ejido urbano, etc.

4.3.1. Reconocimiento del terreno y levantamiento de los puntos

Se llevó a cabo tareas de reconocimiento del terreno, en forma previa al trabajo de relevamiento, a los efectos de evaluar sus características, teniendo en cuenta que el GPS para operar, necesita preferentemente lugares despejados, libre de obstáculos y vegetación para una mejor recepción de datos. El reconocimiento de los sectores para la captura de puntos para georreferenciar fue sencillo, ya que las intersecciones de calles son de acceso público, tanto como los puntos característicos notables en las localidades.

Los puntos fueron medidos metódicamente, a un tiempo de varios segundos por punto (entre 30 y 60 s) asegurándose que el coeficiente PDOP (distribución geométrica de los satélites en el espacio) sea lo más bajo posible. Por este motivo y para asegurar la buena recepción de datos y que sean coherentes para el trabajo se tomaron varios en cada locación.

4.3.2. Procesamiento de datos

Los datos relevados se descargaron a una planilla de cálculo; y de ahí al software para conversión de coordenadas para convertir coordenadas geográficas en coordenadas planas Gauss Kruger y viceversa, compatible con la cartografía oficial actual. Una vez obtenidas las coordenadas de los puntos se procedió a georreferenciar las aerofotografías, componiendo así cada mosaico para cada año seleccionado.

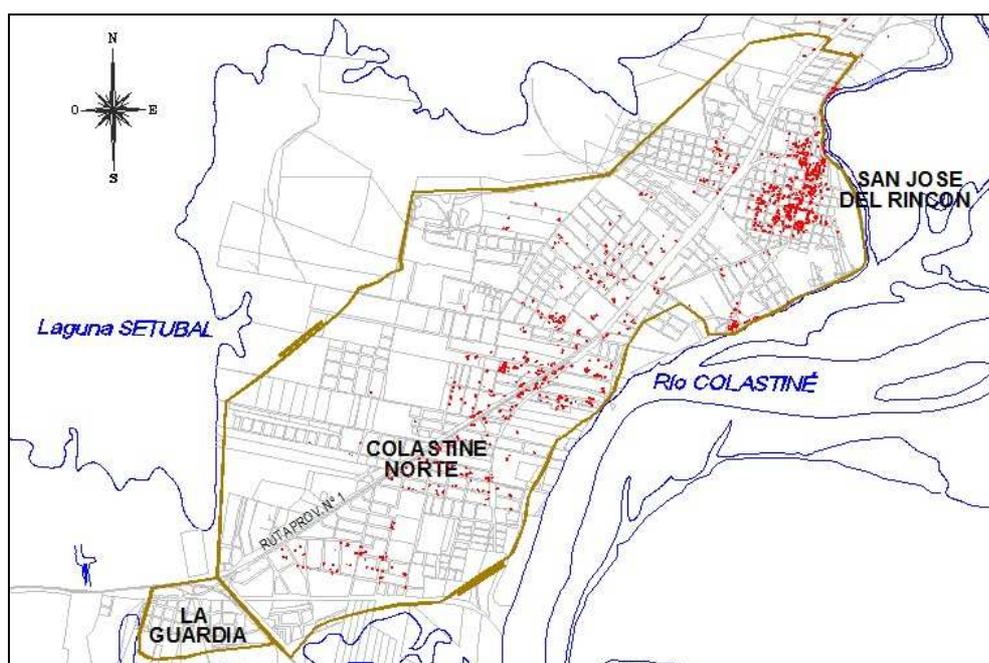
4.4. Interpretación del material cartográfico

Como metodología se decidió utilizar el software CAD, para georreferenciar las fotografías escaneadas y cartografía histórica, a partir de las coordenadas adquiridas en el terreno, para luego proceder al análisis visual y la marcación de los rasgos característicos y avances de construcciones notables. Fue de gran ayuda contar con la información vectorial digital (archivos ACAD) brindada por el Servicio de Catastro e Información Territorial (SCIT); los perfiles edificados de los años 1.994 y 2.009. Estos son la demarcación de los límites de las áreas cubiertas por superficies impermeables, tales como viviendas, piscinas, galpones, etc. Aunque no estaban completos para la totalidad del área de estudio.

En primer término se procedió a digitalizar en pantalla las áreas anegadas o inundadas para cada año de fotografía seleccionada utilizando las mismas como base registral; 1.968, 1.977, 1.992, 1.998 y 2.016 y la curva potencial de inundación del año 1.983 obtenida a partir de los modelos matemáticos. Luego a depurar la base vectorial del año 1.994 para que coincida con las edificaciones del año 1.968 registradas en las fotografías aéreas. De igual manera se procedió para los años 1.977, en el que se registró escasa variación ocupacional, y para el año 1.992 donde se observa una mayor ocupación. Por último se agregó el vectorial del año 2.009 donde se observa la significativa expansión demográfica de una década a la siguiente.

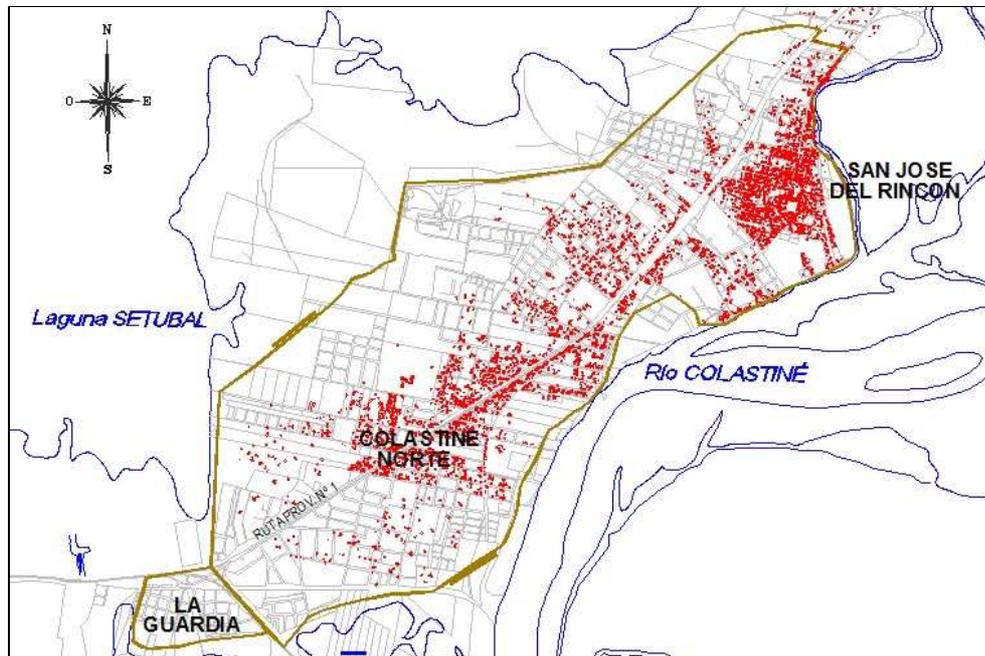
Con el material procesado, se confeccionó una imagen para cada año de las fotografías e imagen seleccionadas con los distintos estados de urbanización.

Año 1.968



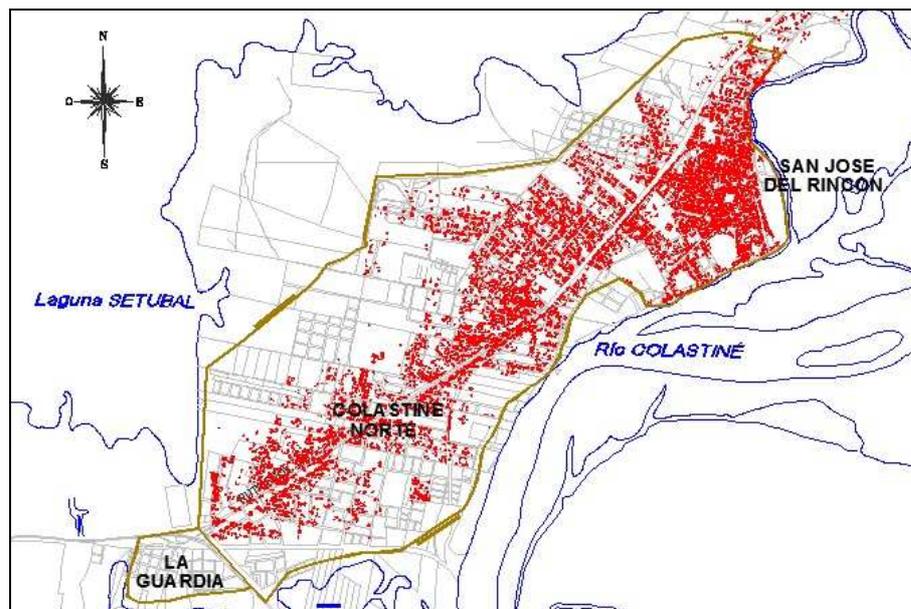
Para este año se observa una muy baja densidad poblacional en la zona, en forma dispersa, atribuyéndose las construcciones, a viviendas vinculadas al campo en su mayoría; salvo en San José del Rincón el cual es un núcleo concentrado.

Año 1.992



Para este año ya se encuentran construidas defensas que no tenían una estructura consolidada, las que algunas fueron vencidas durante la crecida registrada en el año, anegando importantes áreas dentro de la superficie de estudio. Posteriormente a la crecida, se consolidan las defensas y comienza un crecimiento demográfico de la zona en forma acelerada.

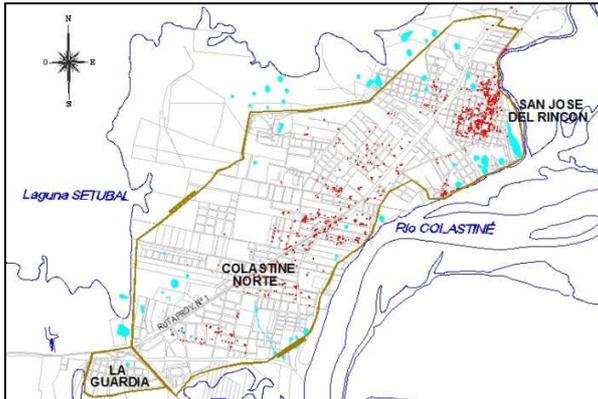
Año 2.009



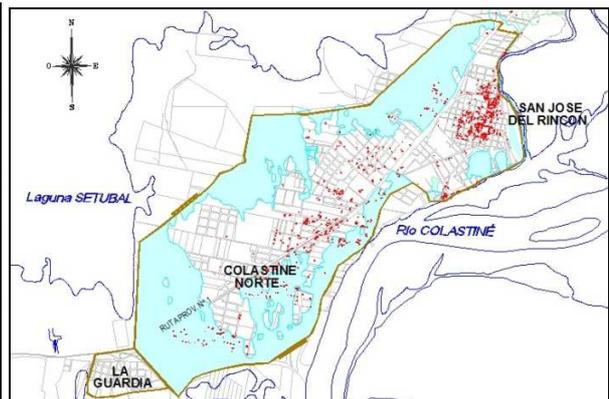
Ya con el sistema de defensas consolidado por más de una década parte de la población santafesina que residía en el casco urbano de la ciudad migró hacia este sector para favorecer su calidad de vida debido a los espacios verdes con que cuenta esta zona. Dicho crecimiento urbanístico se siguió manteniendo a un ritmo acelerado.

A continuación se analizan los distintos estados hidrológicos en relación a la población.

Año 1.968

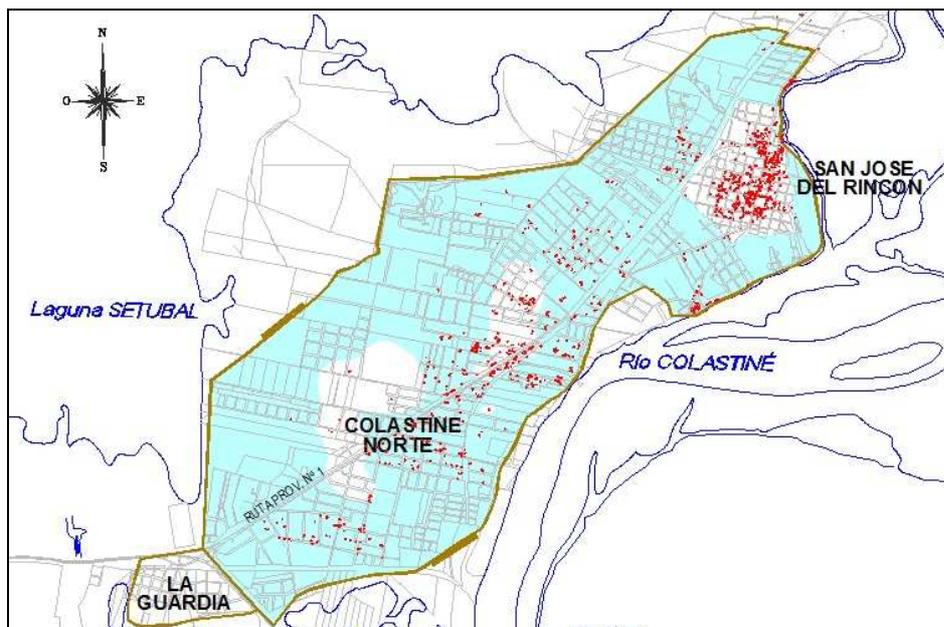


Año 1.977



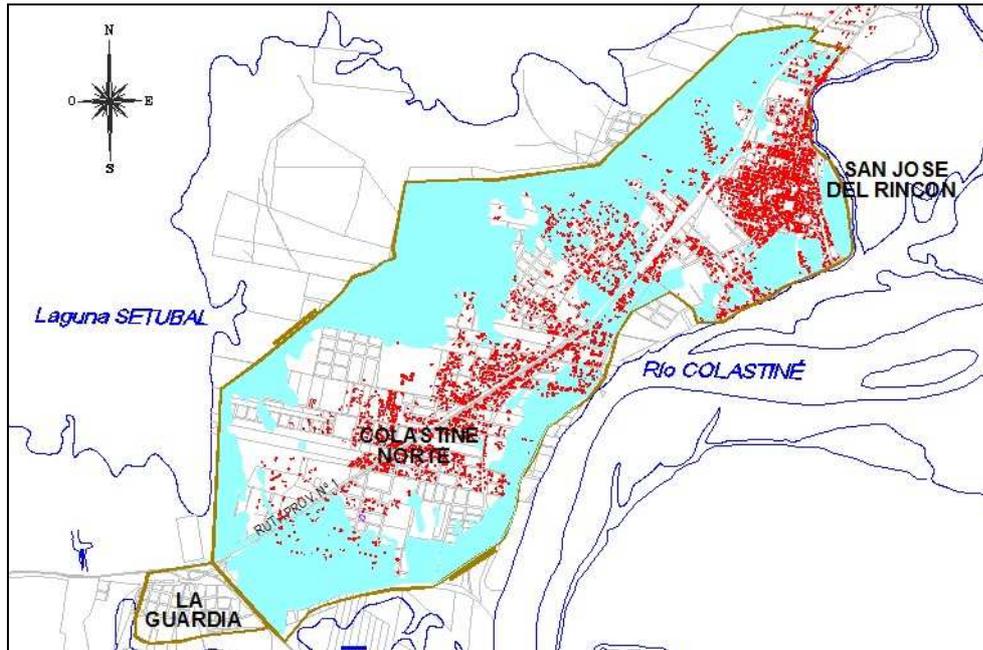
Para la primera imagen la altura del río fue 1,20 m y no se vio afectada la población. Las áreas con anegamientos se encuentran próximas a los ríos y en bañados. En la segunda imagen la altura fue 6,23 y se observa una baja afectación a las viviendas y quintas (existía solo una defensa parcial precaria en el ejido urbano de San José del Rincón).

Año 1.983



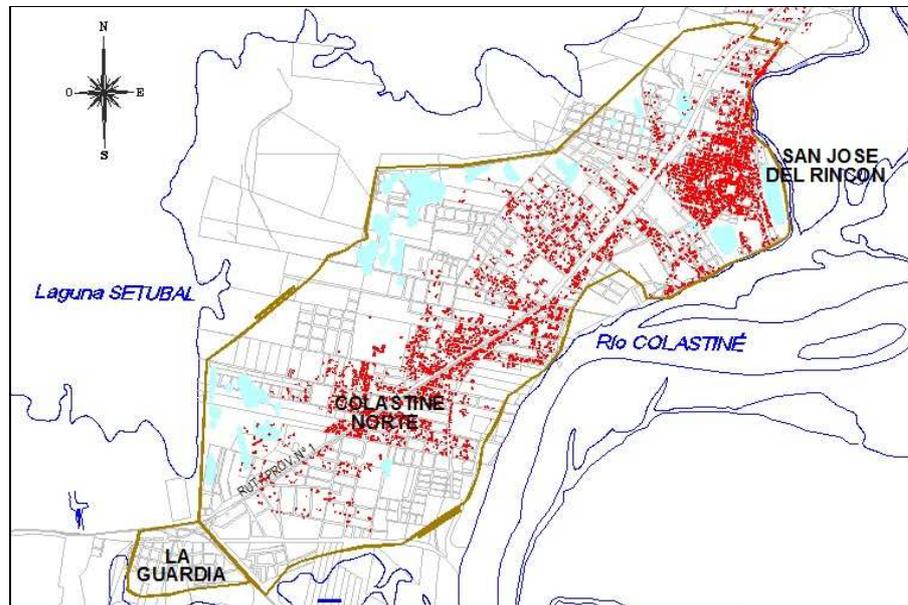
Máxima crecida en la zona; el área de inundación se obtuvo a partir de modelos matemáticos donde se puede observar la casi totalidad de la afectación en la zona a excepción de parte de la ciudad de San José del Rincón y de altos altimétricos existentes en la zona. La densidad poblacional es un poco mayor que la de la figura pero al no contar con este dato se confeccionó con la más cercana cronológicamente.

Año 1.992



Si bien ya existían defensas en la zona, aún no estaban consolidadas como se las conoce hoy, ni tampoco con la actual extensión y coronamiento, durante la crecida del año, algunas cedieron (H: 7.42m). La imagen analizada correspondió a una altura de 6,35 m (10/07/92) del río, donde se observa un notable crecimiento poblacional debido a la construcción de defensas pero al tener un estado precario algunas cedieron y gran cantidad de viviendas se vieron seriamente afectadas.

Año 1.998



En este año la crecida fue importante con una altura del río de 7,26m, aunque la imagen representa para una altura de 7.15m. Las defensas se encuentran consolidadas y la población afectada fue escasa con relación a la del año 1.992.

Año 2.016



Para este año la altura del río fue 6,28 m (día de la imagen); similar a la crecida del año 1.977. Si bien las defensas actuaron como se esperaba, se produjo precipitaciones importantes (347,6 mm acumulados para el mes de Abril) lo que produjo anegamientos en diferentes sectores; la mayoría eran áreas bajas que antiguamente funcionaban como escurrimiento natural (manchas oscuras en la imagen). “La Costa no se repone tras los daños de las tormentas”; (<http://www.ellitoral.com/index.php/diarios/2016/03/01/metropolitanas/AREA-03.html>); “La Costa movilizada pidió soluciones a sus serios problemas”; (http://www.ellitoral.com/index.php/id_um/126962-la-costa-movilizada-pidio-soluciones-a-sus-serios-problemas). “La Costa de la Emergencia”; (<http://www.pagina12.com.ar/diario/sociedad/3-297754-2016-04-25.html>); “La costra santafesina esta en emergencia por la crecida del Paraná y las lluvias” (<http://www.telam.com.ar/notas/201604/144699-santa-fe-emergencia-inundaciones-lluvia-crecida-rio-parana.html>). Esta situación complicada dejó en evidencia la falta de drenaje interno y la insuficiente capacidad del sistema de bombeo. Sobre esta situación hidrológica si tomáramos la ocupación del año 1.968 no se hubiera producido los efectos observados actualmente.

Si sobre la actual ocupación se produce una rotura del terraplén de defensa, una crecida como la ocurrida en el año 1.983 hubiera dejado un alto porcentaje del distrito bajo agua. En la imagen se observan las líneas color cyan; las cuales fueron obtenidas a partir de modelos matemáticos y la superficie del terreno que deja el agua sin invadir es la encerrada por estas líneas; todo lo demás queda inundado.

5. CONCLUSIÓN

Debido a la gran demanda de terrenos con la finalidad de viviendas permanentes se fueron ocupando diversas zonas, entre ellas algunas con una importante afectación hídrica. Estos nuevos espacios urbanos se acondicionaron para protegerlos de dichos fenómenos ya sea por refulados o por defensas con la construcción de terraplenes consolidados. Pero esta última opción requiere una constante mantención al igual que un buen sistema integral de bombeo para extraer el agua de manera eficiente. Las bombas se deben encontrar bien distribuidas coherentes con la topografía y funcionar con la potencia necesaria si los acontecimientos lo requieren. Un sistema deficiente para un acontecimiento extremo como la crecida del Río Paraná, con la consecuencia de la elevación de la napa, y lluvias intensas como las producidas hasta el mes de Abril pasado pueden poner en colapso a gran parte de la población con graves consecuencias.