

**Universidad Nacional de Córdoba**  
Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales

**Ingeniería Civil**

# **Práctica Supervisada**

**Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al  
Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la  
laguna Mar Chiquita**

**Alumno: Luciano M. Curletto**

**Tutor: Ing. Cecilia E. Pozzi Piacenza**

**Supervisor Externo: Ing. Mariana R. Pagot**

**CENTRO DE ESTUDIOS Y TECNOLOGIA DEL AGUA**

**(CETA – FCEFyN – UNC)**

**25 de Julio de 2014**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi padre, que me apoyó incondicionalmente para lograr completar el camino para llegar a este punto final y quien me sigue estimulando para avanzar mucho más allá siempre. Es para mí un referente de constancia, conducta y creatividad.

A mi novia, impulsora de ánimos, compañera de tareas y desvelos para concretar esta última etapa de la carrera.

A mis hermanos, que son fuente de inspiración y orgullo.

A mis amigos, tíos, primos y abuelos que supieron recordarme mis objetivos, metas y logros conseguidos, para empujarme a volver y cerrar las materias pendientes.

A mi madre, que fue un apoyo en los momentos iniciales más críticos.

A mi tutora la Ing. Cecilia Pozzi, quien con mucha paciencia me alentó a concluir de forma ordenada las asignaturas pendientes y la PS, junto a su marido el Ing. Gonzalo Plencovich, quien hizo un trabajo impecable en su tesis facilitándome la comprensión del tema y colaborando con este trabajo.

A la supervisora externa la Ing. Mariana Pagot que acompañó durante todo el proceso y junto a los miembros del jurado que dedicaron su tiempo para evaluar este trabajo, Ing. Gerardo Hillman, Ing. Marcelo García e Ing. Mariano Corral.

Al Laboratorio de Hidráulica de la UNC que me admitió para desarrollar la Práctica Supervisada entre sus filas para poder concluir la carrera con un trabajo que me deje una huella positiva, tanto por la temática brindada, como por el acercamiento a tareas de investigación.

## **Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita**

UNC | FCEfYn | Ingeniería Civil

### **RESUMEN**

Los objetivos principales en el presente informe fueron: conocer y comprender el funcionamiento del sistema laguna Mar Chiquita - Bañados del río Dulce, actualizar la base de datos hidrometeorológica de este sistema disponible en el Laboratorio de Hidráulica (FCEfYn - UNC), comprender el uso y modificar el modelo hidrológico LAMBDA 3.

La actualización de la base de datos se concretó con la recolección de datos en campo, el procesado de planillas meteorológicas y la recopilación de datos existentes. Las series recopiladas fueron Caudales de los ríos Suquía, Xanaes y Dulce (o la salida del Dique Los Quiroga) y Niveles medidos en la laguna Mar Chiquita. Además se completaron las series de Precipitación y Evaporación, calculadas en base a series de datos de Precipitación y Temperatura provenientes de estaciones meteorológicas cercanas, brindadas por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Para poder utilizarlas en el modelo hidrológico LAMBDA 3, se realizó el ajuste de estas series con funciones de aproximación.

Se realizaron mejoras de cálculo en el modelo LAMBDA 3 en su código fuente y en su organización, que simplificaron la visualización, utilización y facilitan ampliaciones futuras del mismo. Fue ampliada la base de datos existente [1968-1997 y 2002-2005] y se organizaron las series trimestrales en los períodos [1968-2000] y mensuales en [2001-2011]. Se incorporó también un apartado que automatiza el modelado de extracciones de caudales y la comparación de esos resultados. A los fines de identificar el conjunto de estos cambios se lo denominó LAMBDA 3.1.

Los resultados obtenidos utilizando este modelo permitieron concluir que las mediciones realizadas dentro del mismo sistema son necesarias para llegar a valores aceptables. Llevando a recalcar la necesidad de incrementar los esfuerzos y recursos técnicos de los Gobiernos Provinciales en mantener y reforzar una red de estaciones meteorológicas en todo el sistema. Ello sin perjuicio de aumentar el seguimiento y aforado de caudales en todas las secciones críticas.

Esta práctica supervisada fue realizada en el Laboratorio de Hidráulica, como pasante interno del Centro de Estudios y Tecnología del Agua (CETA) de la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales (FCEfYn) de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC).

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>Agradecimientos .....</b>	<b>2</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>3</b>
<b>Índice de contenidos .....</b>	<b>4</b>
<i>Índice de Tablas .....</i>	6
<i>Índice de Figuras .....</i>	6
<b>Capítulo 1: Introducción .....</b>	<b>10</b>
1.1 Motivación .....	10
1.2 Objetivos .....	14
1.3 Metodología de Trabajo .....	15
1.4 Marco Teórico .....	16
1.5 El caso del Mar de Aral .....	19
1.6 Descripción del Sistema laguna Mar Chiquita - bañados del río Dulce .....	21
1.6.1 El río Dulce y sus bañados .....	23
1.6.2 El río Suquía y el río Xanaes .....	27
1.6.3 La laguna Mar Chiquita .....	28
<b>Capítulo 2: Actualización de la base de datos existente .....</b>	<b>31</b>
2.1 Datos disponibles .....	31
2.2 Visita de campo a un tramo del río Dulce y sus bañados .....	32
2.3 Revisión del Instrumental instalado .....	36
2.4 Obtención de datos meteorológicos .....	39
2.5 Análisis de las series de Precipitación y Temperatura .....	42
2.6 Estimación de la Evaporación .....	47
2.7 Tratamiento estadístico de los datos .....	48
2.7.1 Correlaciones de Temperatura .....	49
2.7.2 Correlaciones de Precipitación .....	50
2.7.3 Correlaciones de Evaporación .....	52
2.8 Análisis de resultados y discusión .....	54

**Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita**

UNC | FCEfYN | Ingeniería Civil

<b>Capítulo 3: Modelo hidrológico LAMBDA .....</b>	<b>57</b>
3.1 <i>Antecedentes de modelación del Sistema .....</i>	57
3.2 <i>El modelo LAMBDA 3 .....</i>	61
3.2.1 <i>El Subsistema Bañados .....</i>	61
3.2.2 <i>El Subsistema Laguna .....</i>	62
3.3 <i>Aplicación de las nuevas series al modelo .....</i>	65
3.4 <i>Modificaciones y Actualización del modelo LAMBDA 3.....</i>	70
3.4.1 <i>Mejoras en la presentación del modelo .....</i>	70
3.4.2 <i>Mejoras al código Fuente .....</i>	74
3.4.3 <i>Evaluación de impacto de extracción de caudales .....</i>	77
<b>Capítulo 4: Conclusiones, discusión y trabajo futuro .....</b>	<b>79</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>82</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>84</b>

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfYN | Ingeniería Civil

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Variables hidrometeorológicas del sistema, con sus períodos de datos medidos y las fuentes de donde fueron obtenidos los mismos .....	31
Tabla 2.2 Temperaturas medias de Miramar (Córdoba) entre 2004 y 2012 .....	40
Tabla 2.3 Precipitaciones totales de Miramar (Córdoba) entre 2004 y 2012 .....	40
Tabla 2.4 Precipitaciones de los Bañados (Plencovich, 2011) y Santiago del Estero (SMN, 2014)..	42
Tabla 2.5 Temperaturas medias de los Bañados (Plencovich, 2011) y Santiago del Estero (SMN, 2014) .....	43
Tabla 2.6 Temperaturas medias y Precipitaciones de Miramar (Córdoba) (Plencovich, 2011) + (Michelutti, ene.2005-dic.2012) y Ceres (Santa Fé) (SMN, 2014) y Factores de diferencia entre ellas (en porcentaje).....	45
Tabla 2.7 Resumen de las correlaciones realizadas en el modelo y los R <sup>2</sup> alcanzados por las mismas .....	48
Tabla 3.1 Resumen de las versiones del modelo LAMBDA y sus principales modificaciones .....	60
Tabla 3.2 Esquema de la planilla principal de MS Excel elaborada para el modelo .....	70
Tabla 3.3 Extracciones desde el río Dulce en volúmenes medios por año en el tramo Río Hondo-Mar Chiquita (Valores estimados) (Gallego, 2012) .....	77
Tabla 3.4 Futuras extracciones (Proyectos del Plan Estratégico Territorial de Santiago del Estero) (Gallego, 2012) .....	77

### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Imágenes satelitales de la laguna aproximadamente en su período alto de su año hidrológico .....	11
Figura 1.2 Hotel Playa en Miramar (fotografía tomada entre 1949 y 1951). Se aprecia la marcada bajante que deja al descubierto un barranco muy significativo. El hotel fue destruido por la gran inundación que comenzó a fines de 1977 (Foto Museo Fotográfico de Miramar) .....	12
Figura 1.3 Variaciones en la precipitación pluvial (mm anuales) en el Chaco argentino (incluye el norte de Córdoba y Santa Fe, Santiago del Estero, Chaco, Formosa y este de Salta) Izquierda: en un período seco [1940-1950] y Derecha: en un período muy húmedo [1980-1990]. Nótese la expansión de las áreas por encima de 600 mm en el centro de la región durante el período lluvioso (Bucher, Gavier Pizarro, & Curto, 2006) .....	12
Figura 1.4 Problemáticas asociadas al sitio en estudio: Inundaciones de áreas pobladas (Miramar, Córdoba), Mortandad de peces por la operación de las presas, Protección de flora y fauna autóctona y Anegamiento de zonas productivas. (Bucher & Bucher, 2006) .....	13
Figura 1.5 Esquema general de la metodología de trabajo implementada en el trabajo .....	15
Figura 1.6 Aportes hídricos del río Dulce. Período hidrológicos desde 1926/27 al 2011/12 (SSRRHH, 2012) .....	16
Figura 1.7 Curva de variación del nivel del lago modificada y corregida (Piovano, 2002) .....	17

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEFyN | Ingeniería Civil

Figura 1.8 Mar de Aral de 1989 y 2008 ( <a href="http://es.wikipedia.org/">http://es.wikipedia.org/</a> ) .....	19
Figura 1.9 Sistema Laguna Mar Chiquita, integrado por las cuencas de los ríos Primero, Segundo y Salí-Dulce, y los sistemas dispersos en el pie de monte (modificada del Atlas digital de los recursos hídricos superficiales de la República Argentina). La superficie de la laguna corresponde a la presentada durante el año 2001 (Piovano, 2002).....	22
Figura 1.10 Cuenca Superior del Río Sali-Dulce (SSRH, UNC y UNSE, 2007) .....	23
Figura 1.11 Vista aérea de la inundación en los Bañados del río Dulce a la altura del puente de Paso de la Cina, visible en la parte inferior de la foto. El río Dulce corre bordeado por vegetación costera sobre el albardón. A ambos lados se expande la inundación en lámina, con un color azul oscuro (Bucher & Bucher, 2006) .....	25
Figura 1.12 Delta formado en la desembocadura del río Dulce en la laguna Mar Chiquita (Bucher, Gavier Pizarro, & Curto, 2006) .....	26
Figura 1.13 Expansión de la inundación anual en los Bañados del río Dulce al norte de la laguna Mar Chiquita, visible en la parte inferior de las imágenes. La inundación (que se aprecia como manchas oscuras) progresa desde las fases iniciales (imagen superior izquierda) hasta las fases finales, cuando se vierte en la laguna (imagen inferior derecha). Las imágenes corresponden a diferentes años en el período 1997-2002 (Bucher & Bucher, 2006) .....	26
Figura 1.14 Ubicación de las cuencas del río Suquía y Xanaes en la provincia de Córdoba (Pagot, 2003) .....	27
Figura 1.15 Mapa de las cuencas del río Suquía y Xanaes (Pagot, 2003) .....	28
Figura 1.16 Situación actual de la laguna Mar Chiquita, con niveles cercanos a los de 1977. Contraste de un período de retirada [oct-2013] y uno de formación de los bañados del río Dulce [mar-2014] .....	29
Figura 1.17 Barrancas que marcan el límite sur de la máxima extensión alcanzada por las aguas de la laguna en toda su historia geológica (en el 2003), en Campo Mare, al norte de La Para (Bucher, Gavier Pizarro, & Curto, 2006) .....	29
Figura 1.18 Mapa de profundidades de la Laguna Mar Chiquita [msnm] (Vargas, 2014) .....	30
Figura 2.1 Mapa del sector de bañados del río Dulce-Utis que fue visitado, retocado de (Plencovich, 2011).....	32
Figura 2.2 Vista aérea de la inundación en los Bañados del río Dulce a la altura del puente de Paso de la Cina, donde se aprecia el efecto de dique sobre la inundación en lámina que ejerce el camino que va hacia La Rinconada desde el oeste (Bucher & Bucher, 2006).....	33
Figura 2.3 Vista de una de las alcantarillas antes de llegar a Paso de la Cina (izq.) y un brazo de los bañados que cruza dichas alcantarillas (der.) el 24 de abril de 2014 .....	34
Figura 2.4 Presencia de los Bañados en las cunetas de Paso de Los Oskares sobre el río Utis el 24 de abril de 2014 .....	34
Figura 2.5 Vista aguas abajo del puente sobre el río Dulce en Paso de la Cina .....	35
Figura 2.6 Vista comparada (aguas abajo) del río Utis (izq.) y el río Dulce (der.) a la altura de Paso de Los Oskares.....	35
Figura 2.7 Recogida de datos del Limnómetro a través del Datalogger, de forma inalámbrica con una notebook.....	36
Figura 2.8 Vista y esquema de funcionamiento del limnómetro tipo “Thalimedes” .....	37
Figura 2.9 Visor electrónico del nivel con el Datalogger y conexión inalámbrica para notebook..	37

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfYN | Ingeniería Civil

Figura 2.10 Instalación de soporte para limnómetro de Paso de Los Ocares (izq.) y el instalado en Paso de la Cina (der.).....	38
Figura 2.11 Planilla de registros meteorológicos del guardaparque Pablo Michelutti. ....	39
Figura 2.12 Correlación de Precipitaciones entre los Bañados (Plencovich, 2011) y Santiago del Estero (SMN, 2014) .....	43
Figura 2.13 Comparación de Temperaturas medias entre los Bañados (Plencovich, 2011) y Santiago del Estero (SMN, 2014).....	44
Figura 2.14 Comparación de Precipitaciones entre Miramar (Plencovich, 2011) & (Michelutti, ene.2005-dic.2012) y Ceres (SMN, 2014) .....	46
Figura 2.15 Comparación de Temperaturas medias entre Miramar (Plencovich, 2011) & (Michelutti, ene.2005-dic.2012) y Ceres (SMN, 2014).....	46
Figura 2.16 Correlación (C.1) [ mar-04 : abr-05 ] Temperaturas medias de Santiago (SMN, 2014) y Sumampa (Plencovich, 2011) .....	49
Figura 2.17 Correlación (C.2) [ ene-07 ; dic-07 ] Temperaturas medias de Ceres (SMN, 2014) y Miramar (Michelutti, ene.2005-dic.2012) .....	49
Figura 2.18 Correlación (C.3) [ 1970 : 1997 ] Precipitación Santiago (SMN, 2014) y Sumampa (Plencovich, 2011).....	50
Figura 2.19 Correlación (C.4) [ oct-02 : jun-05 ] Precipitación Santiago (SMN, 2014) y Sumampa (Plencovich, 2011).....	50
Figura 2.20 Correlación (C.5) [ mar-70 : jun-97 ] Precipitación Ceres (SMN, 2014) y Miramar (Plencovich, 2011).....	51
Figura 2.21 Correlación (C.6) [ ene-03 ; oct-05 ] Precipitación Ceres (SMN, 2014) y Miramar (Plencovich, 2011).....	51
Figura 2.22 Correlación (C.7) [ mar-70 : dic-97 ] Evaporación Sumampa Medida (Plencovich, 2011) y Calculada por Thornthwaite .....	52
Figura 2.23 Correlación (C.8) [ mar-04 : abr-05 ] Evaporación Sumampa Medida (Plencovich, 2011) y Calculada por Thornthwaite .....	52
Figura 2.24 Correlación (C.9) [ mar-70 : dic-97 ] Evaporación Miramar Medida (Plencovich, 2011) y Calculada por Thornthwaite .....	53
Figura 2.25 Correlación (C.10) [ mar-01 : feb-04 ] Evaporación Miramar Medida (Plencovich, 2011) y Calculada por Thornthwaite .....	53
Figura 2.26 Caja de un limnómetro ya en desuso todo herrumbrado producto del severo clima..	54
Figura 2.27 Esquemmatización gráfica de las variables hidrometeorológicas del sistema, períodos de datos disponibles, períodos conseguidos por procesado de planillas y períodos estimados con datos brindados por el SMN.....	55
Figura 3.1 Diagrama esquemático de los principales componentes del sistema modelado. QRD: aporte del río Dulce; QR: aporte del río Dulce en el ingreso a los Bañados; QB: aporte de los Bañados del río Dulce; QI+QII: aportes de los ríos Primero y Segundo. (Rodríguez, y otros, 2006) .....	59
Figura 3.2 Diagrama de flujo (anterior) del cálculo del subsistema Bañados (Plencovich, 2011) ..	63
Figura 3.3 Diagrama de flujo de cálculo del subsistema Laguna (Plencovich, 2011) .....	64
Figura 3.4 Niveles de la laguna Mar Chiquita del modelo LAMBDA 3.1 [msnm] .....	65



## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfYN | Ingeniería Civil

Figura 3.5 Niveles de la laguna Mar Chiquita resultado del modelo LAMBDA 3.a (Plencovich, 2011) .....	66
Figura 3.6 Niveles de la laguna Mar Chiquita resultado del modelo LAMBDA 3.b (Plencovich, 2011) .....	67
Figura 3.7 Niveles de la laguna Medidos y Calculados [sep-97 a sep-02] y [may-05 a abr-11] .....	68
Figura 3.8 Niveles de la laguna Medidos y Calculados [ene-68 a jun-97] .....	69
Figura 3.9 Niveles medidos y calculados, resultado del modelo LAMBDA 3.a (Plencovich, 2011) .....	69
Figura 3.10 Pantalla de la portada generada para el modelo LAMBDA 3.1. Incluye el logotipo realizado para identificar el mismo y un rápido resumen de la fecha de actualización y los datos que dispone.....	71
Figura 3.11 Pantallas de la vista general de las tablas del modelo, en el momento antes de correr el modelo con sólo los datos de entrada, y luego con los datos de salida incluidos .....	71
Figura 3.12 Pantalla donde se muestran los resultados de resumen del modelo .....	72
Figura 3.13 Pantalla donde se muestra la curva de niveles medidos en la laguna y niveles calculados por el modelo. Se indican además los períodos que fueron incorporados en este trabajo.....	72
Figura 3.14 Diagrama de flujo (actual) del cálculo del subsistema Bañados .....	76
Figura 3.15 Pantalla de la tabla para Cálculo de Extracciones de caudal, con el botón que da inicio a la corrida de la Macro.....	78
Figura 4.1 Esquemmatización gráfica de las variables hidrometeorológicas del sistema, períodos de datos disponibles, períodos conseguidos por procesado de planillas y períodos estimados con datos brindados por el SMN.....	79
Figura 4.2 Niveles de la laguna Medidos y Calculados [ene-68 a jun-97] .....	80
Figura 4.3 Niveles de la laguna Medidos y Calculados [sep-97 a sep-02] y [may-05 a abr-11] .....	80

## CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

Este informe fue organizado en cuatro capítulos:

**Capítulo 1:** Se realizó una revisión de antecedentes, análisis del sistema en estudio, importancia y reconocimiento del mismo.

**Capítulo 2:** Trata sobre la actualización de la base de datos hidrometeorológica del Laboratorio de Hidráulica, desde la recolección de datos en campo, procesado de registros meteorológicos, hasta el ajuste estadístico de datos medidos fuera del sistema.

**Capítulo 3:** Concentra el trabajo sobre el modelo LAMBDA 3, la actualización de su base de datos, la manipulación de su organización general, resultando en adaptaciones y modificaciones que faciliten su utilidad en el futuro.

**Capítulo 4:** Agrupa las conclusiones, discusiones y recomendaciones para trabajos futuros.

La hipótesis central del trabajo se basó en comprobar si era posible o compatible utilizar datos meteorológicos de zonas cercanas al sistema. Para determinarlo se modeló a través del modelo LAMBDA 3 el comportamiento de la laguna con ellos.

Las conclusiones a las que se arribaron permitirán aportar elementos para mejorar el conocimiento de este sistema y contribuir a la toma de decisiones en cuanto a la gestión del mismo.

### 1.1 MOTIVACIÓN

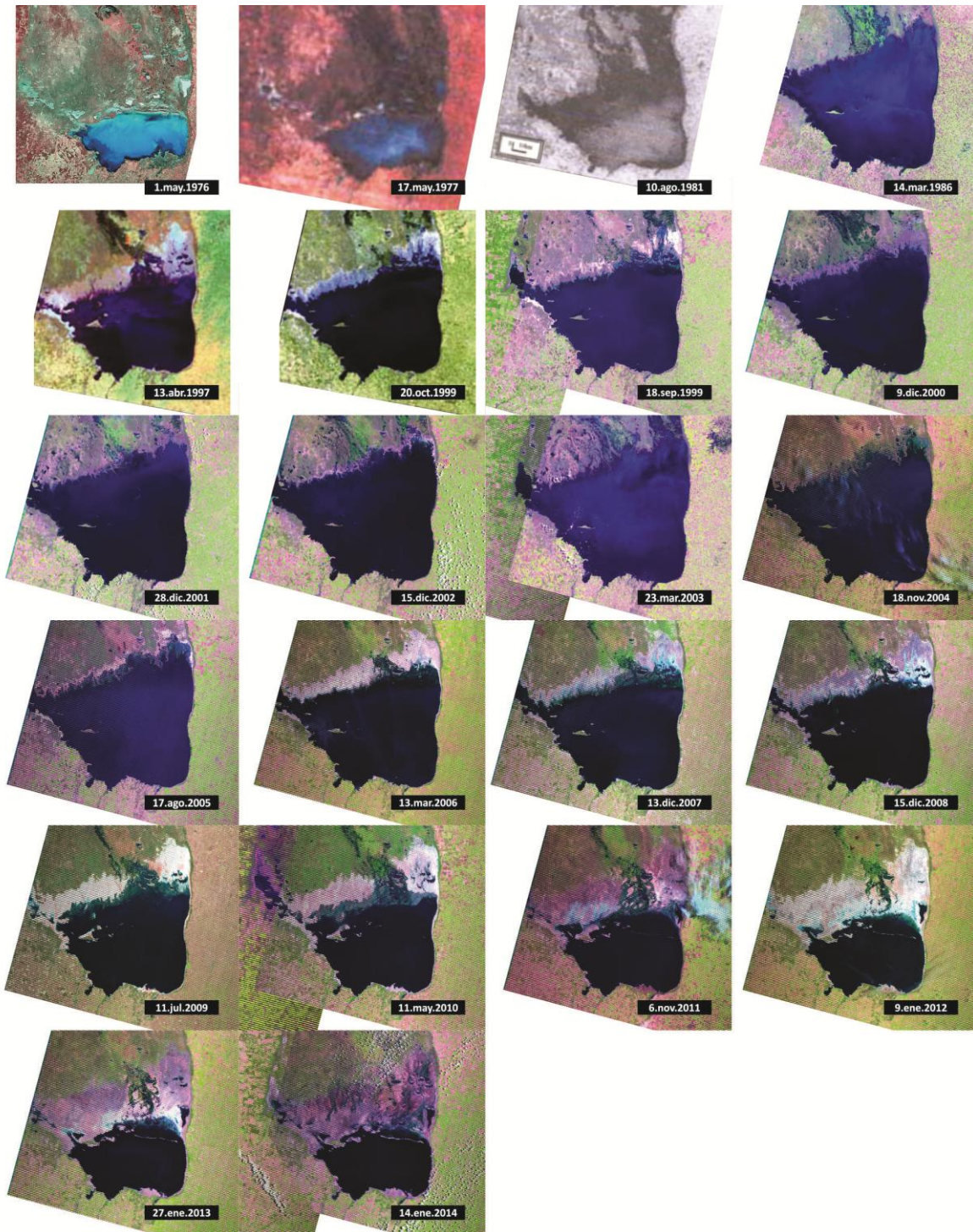
Entre las motivaciones para realizar los trabajos enfocados en la laguna Mar Chiquita a continuación descriptos, se encuentra primeramente el caso emblemático de la inundación [desde 1977] del casco principal de la ciudad de Miramar (Córdoba) sobre la costa sur de la laguna. Junto a esto, el conocimiento de otras localidades también establecidas en costas de lagunas saladas de la región pampeana, que en un espacio temporal muy cercano tuvieron similares consecuencias, fueron el caso de Melincué (Santa Fé) y Epecuén (Buenos Aires).

El descenso actual del nivel de la laguna luego de casi 30 años con niveles continuos altos como puede apreciarse en la compilación realizada en la Figura 1.1, es un factor preocupante sobre los destinos futuros del sistema, sobre todo si no se cuenta con un manejo adecuado del mismo.

En la Figura 1.2 puede verse la línea costera antigua de la ciudad de Miramar antes de la gran inundación y apreciar la magnitud de las pérdidas económicas ocasionadas.

**Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita**

UNC | FCEfN | Ingeniería Civil



**Figura 1.1** Imágenes satelitales de la laguna aproximadamente en su período alto de su año hidrológico [1976 / 1977 / 1981 / 1986 / 1997 / 1999-2014] Trabajo propio recopilatorio de imágenes Landsat

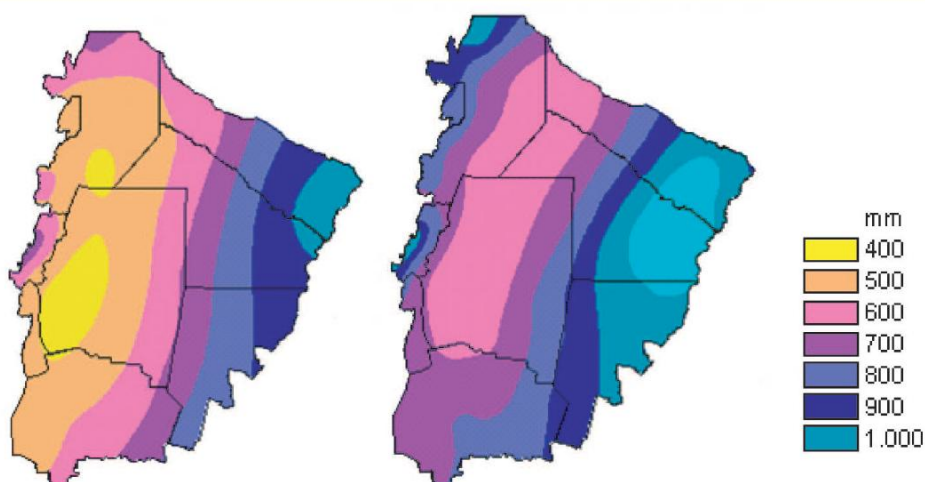
## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCFyN | Ingeniería Civil



**Figura 1.2** Hotel Playa en Miramar (fotografía tomada entre 1949 y 1951). Se aprecia la marcada bajante que deja al descubierto un barranco muy significativo. El hotel fue destruido por la gran inundación que comenzó a fines de 1977 (Foto Museo Fotográfico de Miramar)

Se tornó abrumadora la multitud de hipótesis al respecto, tal como la influencia del Niño y la Niña, la construcción de la represa de Río Hondo, el cambio climático o hasta alternantes ciclos húmedos y secos naturales de la región. A posteriori, esta última aunque sin posibilidades técnicas de determinar sus razones de alternancia o recurrencia sería la razón de los cambios en el nivel de la laguna. Por la interdependencia temporal y espacial, de sequías y períodos húmedos de las cuencas hídricas del centro y norte del país (Díaz, 2013). En la Figura 1.3 pueden apreciarse las isohietas de la región para un período seco [1940-1950] y uno húmedo [1980-1990].



**Figura 1.3** Variaciones en la precipitación pluvial (mm anuales) en el Chaco argentino (incluye el norte de Córdoba y Santa Fe, Santiago del Estero, Chaco, Formosa y este de Salta) **Izquierda:** en un período seco [1940-1950] y **Derecha:** en un período muy húmedo [1980-1990]. Nótese la expansión de las áreas por encima de 600 mm en el centro de la región durante el período lluvioso (Bucher e. a., 2006)



## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfN | Ingeniería Civil

En (Bucher, et al., 2006) se distinguen algunos de los problemas importantes que aquejan a este sistema, como son en periodos húmedos: las inundaciones en Miramar (única ciudad costera de la Laguna Mar Chiquita) y los efectos negativos de acciones antrópicas no controladas que han provocado mortandad de peces, como el manejo del caudal erogado por el embalse Río Hondo. En la necesidad de mantener la sustentabilidad del sistema debe prevalecer la protección de la flora y fauna autóctona y el mantenimiento de los ciclos hidrológicos de anegamiento en los Bañados del Río Dulce. Estas problemáticas son resumidas en la Figura 1.4.



**Figura 1.4** Problemáticas asociadas al sitio en estudio: Inundaciones de áreas pobladas (Miramar, Córdoba), Mortandad de peces por la operación de las presas, Protección de flora y fauna autóctona y Anegamiento de zonas productivas. (Bucher, et al., 2006)

Las disminuciones de nivel de la Laguna condicionan la biodiversidad del sistema. Este cuerpo de agua incrementa su salinidad al disminuir su volumen de agua modificando las condiciones del hábitat. Estos aspectos y los reconocimientos de área nacional e internacionalmente protegida avalan la necesidad de mejorar su conocimiento, escaso por la gran extensión, la complejidad hidrológica y la baja densidad poblacional.

Todas estas razones generaron interés en tratar de comprender el origen del fenómeno y sus consecuencias, decantado y canalizado por esta práctica supervisada, en el objetivo de resultar en una pequeña contribución más en el avance del estudio de este sistema tan frágil e importante.

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los Bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

---

UNC | FCEFyN | Ingeniería Civil

### 1.2 OBJETIVOS

Los objetivos principales de esta PS fueron los siguientes:

- Conocer y comprender el funcionamiento del Sistema laguna Mar Chiquita - Bañados del río Dulce.
- Actualizar la base de datos hidrometeorológica disponible en el Laboratorio de Hidráulica (FCEFyN – UNC)
- Aplicar las series finales de datos meteorológicos al modelo de balance hídrico LAMBDA 3.
- Conocer la conformación del modelo LAMBDA, sus partes y el proceso transcurrido para alcanzar el estado de desarrollo actual.
- Comprender el uso y manejo de un modelo hidrológico matemático, como importante herramienta para predecir alteraciones en los sistemas modelados por introducción de obras civiles en dicho medio. Para comprobar si es posible y/o compatible utilizar datos meteorológicos de zonas cercanas al sistema de la laguna y los bañados.
- Arribar a conclusiones que permitan aportar elementos para mejorar el conocimiento de este sistema y contribuir a la toma de decisiones en cuanto a la gestión del mismo

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEFyN | Ingeniería Civil

### 1.3 METODOLOGÍA DE TRABAJO

La metodología de trabajo consistió en una primera revisión de antecedentes y consulta de bibliografía específica del tema. Esta etapa fue fundamental para comprender el funcionamiento del sistema laguna Mar Chiquita – bañados del río Dulce; así como del modelo matemático LAMBDA 3 (Plencovich, 2011) utilizado y mejorado en el presente informe.

Se realizó la recopilación de datos hidrometeorológicos existentes en el Laboratorio de Hidráulica (FCEFyN – UNC), se realizó una visita de campo para recolectarlos y se procesaron los registros de algunos de ellos. Por falta de algunos períodos en la serie de datos hidrometeorológicos se solicitaron los mismos al Servicio Meteorológico Nacional (SMN), que brindó sus registros de estaciones meteorológicas cercanas y se aplicó un tratamiento estadístico de los mismos para poder utilizarlos.

Se realizó un primer aprendizaje y aplicación del modelo LAMBDA 3, para luego pasar a la actualización de las series de datos en el mismo, con los datos meteorológicos antes procesados. Luego, se propuso una nueva organización, compactando la cantidad de archivos y modificando el código fuente para optimizarlo y facilitar futuras modificaciones. Por último, se analizaron los resultados buscando evaluar los efectos de utilizar datos foráneos al sistema hídrico en estudio y evaluar posibles efectos sobre el sistema de extracción de caudales. Alcanzadas las se planteó discusión y se elaboraron recomendaciones.

A continuación en la Figura 1.5 puede apreciarse esquemáticamente como se organizaron las tareas llevadas a cabo en este trabajo.

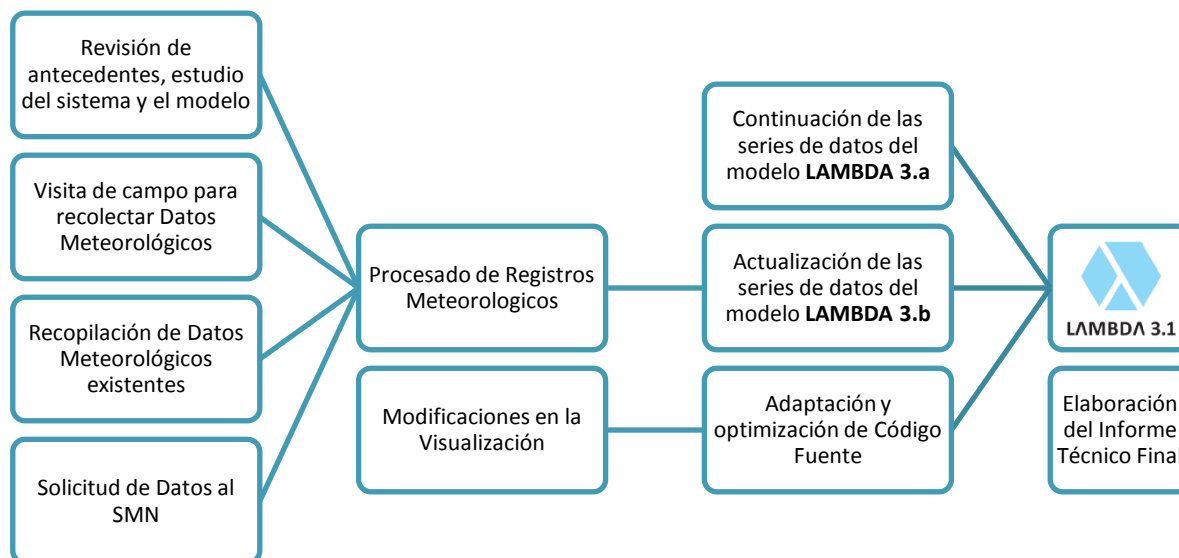


Figura 1.5 Esquema general de la metodología de trabajo implementada en el trabajo

Los programas utilizados fueron MS Excel y MS Word, incluyendo en el primero el trabajo con Macros escritas en el lenguaje de programación MS Visual Basic. Para algunos trabajos gráficos y proceso de imágenes se utilizó la aplicación COREL Draw.

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCFyN | Ingeniería Civil

### 1.4 MARCO TEÓRICO

(Adaptado de Vargas, C. 2014)

En un Informe de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Provincia de Córdoba (SSRRHH, Informe final de la Comisión de Evaluación del Impacto de las nubes de polvo y sal generadas en el área de Mar Chiquita., 2012) se presenta un análisis de los caudales del río Dulce registrados durante el último siglo. En la serie de la Figura 1.6 pueden distinguirse dos periodos. El primero desde 1926 hasta 1972 con un valor de caudal medio anual de 83 m<sup>3</sup>/s y otro desde 1972 hasta 2010 con un valor de caudal medio anual de 137,5 m<sup>3</sup>/s. En el primer periodo las sequías se caracterizan por su gran extensión temporal y magnitud, mientras que en el segundo periodo son de corta duración. El estudio de los periodos de sequía en las cuencas de los ríos Suquía, Xanaes y Dulce, presentado en (Díaz, 2013) permitió identificar una fuerte dependencia temporal entre las mismas.

Como se señaló anteriormente, estos ríos son los principales tributarios de la Laguna Mar Chiquita, por lo tanto el período de excesos se corresponde con un marcado aumento del nivel de la Laguna a partir de la década del '70. A una escala regional y a partir de comparaciones con los datos obtenidos de la Cuenca del Plata, se ha sugerido que el aumento de los niveles de la Laguna podría atribuirse a un aumento de las precipitaciones y de la descarga de los ríos afluentes (Piovano, 2002). Este aumento de nivel ha sido sostenido hasta el año 2003, a partir del cual se observa que el nivel de la Laguna decrece de forma constante.

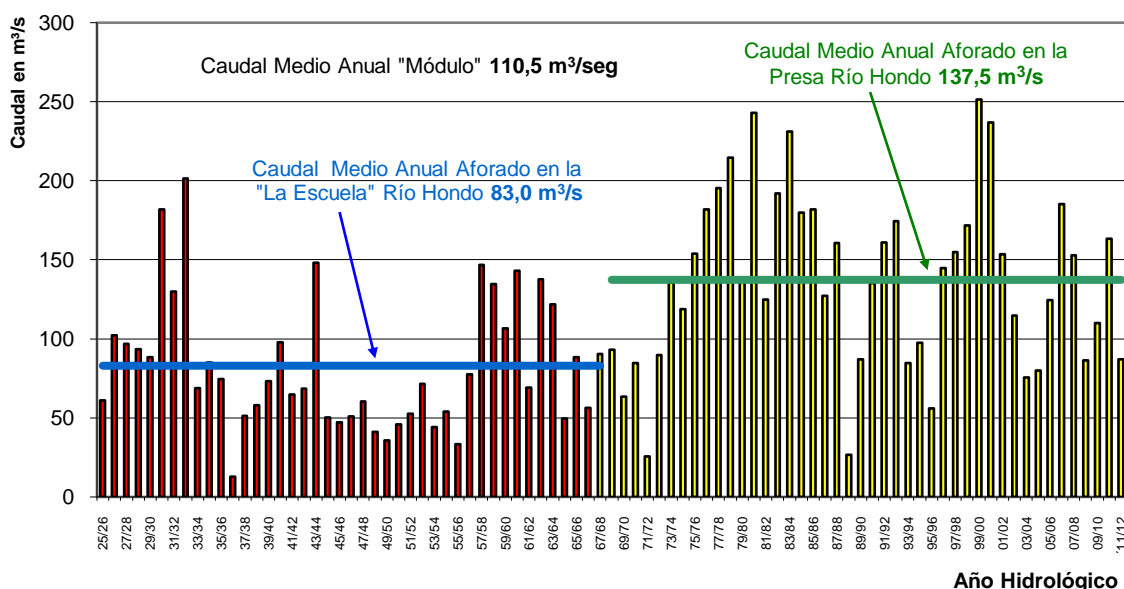


Figura 1.6 Aportes hídricos del río Dulce. Período hidrológicos desde 1926/27 al 2011/12 (SSRRHH, 2012)

Además, con base en datos indirectos de sedimentos lacustres, las variaciones de la Laguna han sido reconstruidas durante los últimos 230 años (Piovano, 2002), como se aprecia en la Figura 1.7. Aquí se muestra que la Laguna se caracteriza por condiciones secas dominantes hasta el inicio del último cuarto del siglo 20, con un aumento del nivel desde principios de 1970, el más importante en extensión y magnitud.



## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCFyN | Ingeniería Civil

En esta la figura el intervalo de 1890 a 1966 fue reconstruido a partir de datos históricos (registros instrumentales durante niveles bajos desde 1967 hasta 1975 se han corregido a posteriori por (Hillman, 2003)).

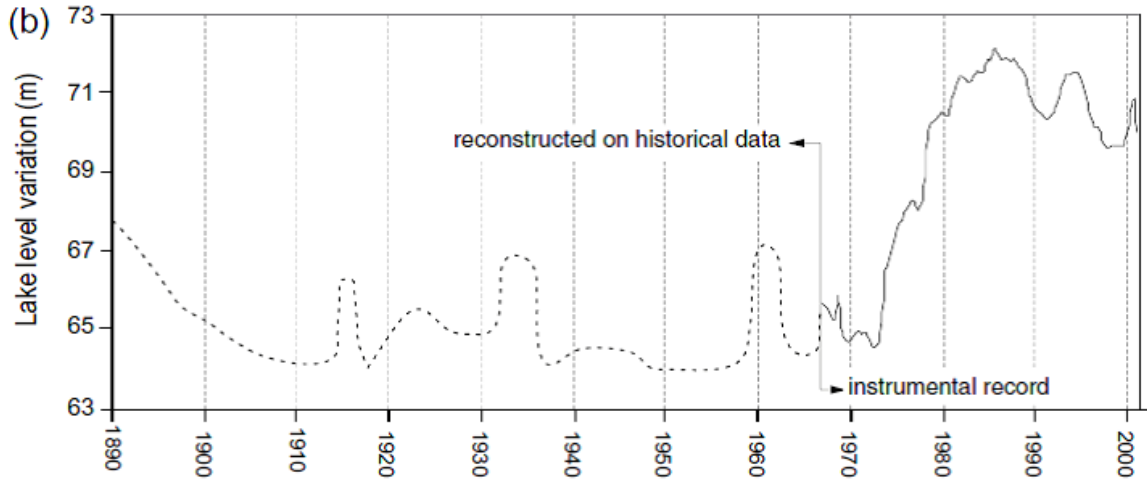


Figura 1.7 Curva de variación del nivel del lago modificada y corregida (Piovano, 2002)

Las técnicas del balance hídrico son un medio para solucionar importantes problemas hidrológicos teóricos y prácticos. A partir de un estudio del balance hídrico es posible plantear una evaluación cuantitativa de los recursos de agua y sus modificaciones por influencia de las actividades del hombre.

La ecuación dinámica de balance hídrico que puede aplicarse a una laguna presenta la siguiente forma:

$$\Delta V / \Delta T = (Q_i - Q_s) + AL(P - E) + (G_i - G_s) \quad (\text{Ec. 1.1})$$

Donde  $\Delta V$  es la variación de volumen de la laguna (L),  $\Delta T$  es el intervalo de tiempo,  $Q_i$  son los caudales de entrada aportados por los tributarios al sistema, y  $Q_s$  los caudales de salida,  $AL$  es el área de la laguna,  $P$  la precipitación media areal sobre la laguna,  $E$  es evaporación, y  $G_i$  y  $G_s$  son los aportes y salidas de agua subterránea.

El sistema en estudio formado por la Laguna Mar Chiquita es endorreico, por lo tanto la variable de caudal de salida superficial es nula ( $Q_s = 0$ ). Además en (Piovano, 2002) el estudio de un balance de cloruros indicó que el lago está hidrológicamente cerrado sin salida de agua subterránea significativa, por lo tanto la salida subterránea también se puede considerar nula ( $G_s = 0$ ) resultando:

$$\Delta V / \Delta T = (Q_i) + AL(P - E) + G_i \quad (\text{Ec. 1.2})$$

Finalmente, el conocimiento del balance hídrico permite una evaluación indirecta de cualquier componente desconocido dentro de este, por diferencia entre los componentes conocidos. En este sentido, las variables a la derecha de la (Ec. 2) presentan ciertas dificultades en su definición, ya que existen incertidumbres en la medición de sus componentes, principalmente los del agua

## **Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita**

---

UNC | FCEfN | Ingeniería Civil

subterránea ( $G_i$ ) y el caudal que ingresa al cuerpo de agua ( $Q_i$ ) luego de escurrir por los Bañados del río Dulce y las derivaciones por canales de riego no relevados en su totalidad. En este trabajo, se presentan los avances en las definiciones de las relaciones del Área y Volumen en función del nivel de agua.

Se destaca que, en el marco de dos Prácticas Supervisadas que se encuentran en desarrollo, se realizan los estudios de los caudales que ingresan a la Provincia de Córdoba y de las variables meteorológicas asociadas al balance vertical del sistema (P-E). En cuanto a la variable del agua subterránea ( $G_i$ ) que ingresa a la Laguna Mar Chiquita, se considera que es un término presente en la llanura que rodea el lago, ya que la capa freática se encuentra a pocos metros bajo la superficie del suelo. Sin embargo, no produce modificaciones en el balance hídrico del sistema (Fulginiti, 2013).

## 1.5 EL CASO DEL MAR DE ARAL

Hace varias décadas el mar de Aral del Asia Central era el cuarto lago más grande del mundo (Figura 1.8). Alimentado por dos ríos importantes -el Amu Darya en el sur y el SyrDarya en el norte- abarcó una superficie de 66.000 Km<sup>2</sup>, con un volumen de más de 1.000 Km<sup>3</sup>. La pesca comercial era ampliamente practicada, y los deltas de sus principales tributarios alojaban docenas de lagos menores y pantanos con gran variedad biológica, así como una superficie de 550.000 Ha de tierras húmedas.

Desde 1960, el fomento del riego en la parte soviética de la cuenca del mar de Aral fue espectacular. Además la población local aumentó de 14 millones a cerca de 27 millones en 30 años. Por estos motivos el total de agua extraída casi se duplicó. A su vez se explotaron en exceso diversos tributarios menores de los ríos Amu Darya y SyrDarya.



Figura 1.8 Mar de Aral de 1989 y 2008 (<http://es.wikipedia.org/>)

La consecuencia fue una "alteración del balance hídrico predominante" en la cuenca del Aral. La baja eficiencia del riego -por falta de recubrimiento de los canales y deficientes sistemas de drenaje- produjo graves inundaciones y salinidad de los suelos. El exceso de aplicación de plaguicidas y fertilizantes contaminó las aguas superficiales y los mantos freáticos, y los ecosistemas de los deltas murieron.

De 1960 a 1990 el Mar de Aral disminuyó su nivel de 53 a 36 msnm, su superficie se redujo la mitad y su volumen tres cuartas partes. El contenido mineral de las aguas se cuadruplicó, lo que impidió la supervivencia de la mayor parte de las variedades de peces y fauna silvestre locales. Esto imposibilitó la pesca comercial, sumado el hecho de que las antiguas aldeas y poblaciones

## **Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita**

UNC | FCFyN | Ingeniería Civil

ribereñas quedaron lejanas a las orillas del lago. En 1990 más del 95% de los pantanos y tierras húmedas se habían convertido en desiertos, y más de 50 lagos de los deltas, con una superficie de 60.000 Ha, se habían secado. Así, el lago quedó dividido en tres secciones: el mar Menor o del Norte en Kazajstán, el mar Central y el Occidental, situados casi por completo en Uzbekistán.

La parte del lecho del lago que quedó descubierta está compuesta de vastos trechos de sal, y el viento se lleva una gran cantidad de esa arena y polvo, contaminados de plaguicidas, a grandes distancias. Por otro lado, la disminución de la superficie del mar de Aral modificó el clima circundante, con veranos más breves y calientes, sin lluvia, e inviernos más prolongados, más fríos y sin nieve. Otra grave problemática desencadenada fueron los problemas de salud de las comunidades cercanas, debido a la salinidad y grado de contaminación del agua para beber.

Ya desde la década de 1980 las soluciones más viables se concentraron en elaborar modelos de aprovechamiento de los recursos hídricos para las cuencas de los ríos SyrDarya y Amu Darya, fijando límites a la explotación del agua. Se busca gestionar la demanda, con el propósito de reducir la explotación hídrica por hectárea y elevar la eficiencia global de la irrigación, lo que supone rehabilitar los canales y recubrirlos para reducir la filtración, y reglamentar su uso para programar mejor el riego. Así se ha avanzado mucho: la reducción total del agua en la cuenca se ha estabilizado. En algunos sectores ha podido restablecerse a la flora y la fauna silvestres, deteniendo la erosión del lecho lacustre y aumentando la pesca anual.

Los datos anteriores fueron extraídos de la Revista de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - Departamento de Agricultura y Protección al Consumidor), septiembre 1998.

En 2007 se construyó el dique Kokaral, que separa la parte norte del mar de Aral, de modo que se elevó el nivel del agua en ese sector y se redujeron los niveles de salinidad (Mañueco, 2008).

Por razones económicas, el mar de Aral Sur ha sido abandonado a su suerte. En las partes más profundas, las aguas más bajas tienen mayor concentración de sal que las superficiales, conformando dos tipos de agua que no se mezclan. Por esto, sólo la parte superficial se calienta en verano, y se evapora a mayor velocidad (Jones, 2008).

El antecedente del mar de Aral es un claro ejemplo de las consecuencias graves que puede ocasionar la planificación deficiente del uso del agua sobre un sistema lacustre. Se ha estudiado como antecedente por este motivo. Aunque la variabilidad que presenta el nivel de la Laguna Mar Chiquita tiene como causa principal factores climáticos, y no el mal manejo de recursos hídricos, es importante entender las virtudes de un buen manejo hídrico.

## **Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita**

UNC | FCEfYN | Ingeniería Civil

### **1.6 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA LAGUNA MAR CHIQUITA - BAÑADOS DEL RÍO DULCE**

Este sistema hidrográfico es también conocido como la cuenca hidrográfica del río Salí-Dulce y presenta los siguientes aspectos relevantes: es la de mayor generación de agua entre las cuencas endorreicas del país, es la que mayor superficie bajo riego abastece en la Argentina (100.000 Ha en Tucumán y 100.000 Ha en Santiago del Estero), luego de La Matanza-Riachuelo es también la que mayor contaminación presenta (región superior), contiene el mayor espejo de agua y el mayor humedal salino del país, sus recursos hídricos sostienen la vida y producción de 2.500.000 hab y es absolutamente clave para el desenvolvimiento productivo socio-productivo de dos provincias: Tucumán y Santiago del Estero. (Gallego, 2012)

La cuenca en la que se encuentra la Laguna Mar Chiquita, se distribuye en cinco provincias de Argentina. Estas provincias son: Catamarca, Salta, Tucumán, Santiago del Estero y Córdoba, con mayor participación de las tres últimas, tanto en los aportes hídricos como en los derechos de uso y las obligaciones de conservación del recurso. Desde el año 2007 estas provincias integrantes de la cuenca y organismos nacionales relacionados con el aprovechamiento, gestión y preservación de los recursos hídricos conformaron una entidad denominada "Comité Interjurisdiccional de la cuenca del río Salí-Dulce" tiene como objetivos acordar propuestas de acciones conjuntas o coordinadas encaradas por las partes firmantes orientadas a promover y facilitar una gestión eficiente y sustentable del recurso hídrico, prevenir y minimizar la contaminación de las aguas y la degradación de los ambientes vinculados a ellas, prevenir y mitigar los daños causados por excedentes o faltantes hídricos, y promover la aplicación de la legislación relativa a la protección de las aguas.

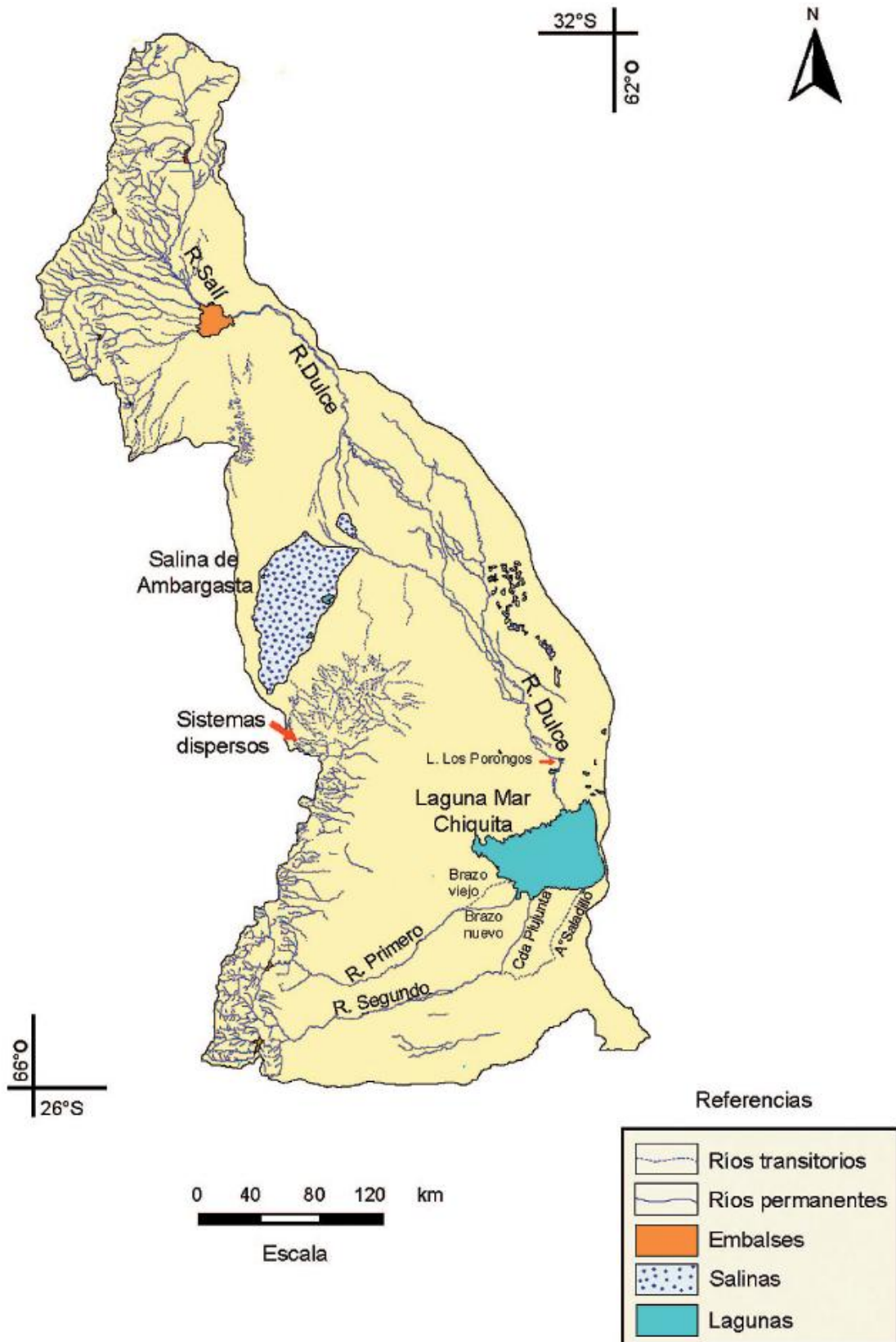
Este comité estableció a su vez una asignación del recurso hídrico en la cuenca, suscribiendo un convenio para distribución de cupos de agua firmado en 1967 entre ellas y establece que sobre la base de un derrame anual de 3600 Hm<sup>3</sup>, Tucumán podría utilizar hasta un 32% y Santiago del Estero deberá dejar escurrir aguas debajo de Los Quiroga un 22% del caudal derivado por Río Hondo. Esta previsión para el sur de la cuenca tiene el sentido de un caudal ecológico para la zona de Bañados y la laguna Mar Chiquita.

Este complejo sistema hidro-ecológico cerrado constituye un importante hábitat para regiones semiáridas. Por este motivo, en el año 1994 se creó la "Reserva Natural Provincial de Mar Chiquita" y en 2001 se incorporaron los Bañados del río Dulce y la Laguna Mar Chiquita a los "Sitios Ramsar" creados por la Convención de Ramsar sobre Humedales (Ley Nacional de adhesión N° 23.919/91). En el plano internacional, ha sido denominado sitio de valor hemisférico por la Red de Aves Playeras (1991), ya que es la región más importante de la provincia de Córdoba en cuanto a abundancia y diversidad de aves y al mismo tiempo comprende el humedal de mayor importancia regional por el número de especies e individuos de aves acuáticas residentes y migratorias.

En la Figura 1.9 puede apreciarse un mapa general de toda la cuenca hidrográfica de este sistema, sus principales cursos y cuerpos de agua.

**Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita**

UNC | FCEyN | Ingeniería Civil



**Figura 1.9** Sistema Laguna Mar Chiquita, integrado por las cuencas de los ríos Primero, Segundo y Salí-Dulce, y los sistemas dispersos en el pie de monte (modificada del Atlas digital de los recursos hídricos superficiales de la República Argentina). La superficie de la laguna corresponde a la presentada durante el año 2001 (Piovano, 2002)



## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfYn | Ingeniería Civil

### 1.6.1 El río Dulce y sus bañados

La cuenca de aporte del Río Dulce comprende dos regiones. La primera es la región Superior con aproximadamente 50.000 km<sup>2</sup> y abarca las Provincias de Tucumán, Salta y Catamarca. Aquí el Río recibe el nombre Salí y sus principales afluentes bajan por las sierras Calchaquíes y del Aconquija desembocando en el Salí por la margen derecha. Luego, la región Inferior comprende un área de casi 22.000 km<sup>2</sup>, a partir de la entrada del Río a la Provincia de Santiago del Estero a través del Embalse Río Hondo.

#### La cuenca alta (río Salí) y la represa Río Hondo:

En la Figura 1.10 se puede apreciar la subcuenca del Salí hasta el Dique de Río Hondo, que limita: al Oeste (de Norte a Sur) por las sierras de Carahuasi; cumbres Calchaquíes, cumbres del Aconquija (Muñoz, Ánimas, El Nevado y Las Lajas), sierras de La Carreta, Humaya, Las Higueritas y del Potrerillo; al Norte: por la divisoria de aguas de los afluentes del Río Tala y Lomas de San Esteban; al Este: por las cumbres de las sierras de La Candelaria, del Nogalito y de la Ramada y los cauces de los arroyos Muerto, Mista y Los Gómez; al Sur: por las lomadas que limitan hacia Catamarca al Río Huacra o San Francisco y el curso seco de este último hasta el Río Graneros o Marapa, el cual, con el Medina, forman el Río Hondo, cuya desembocadura en el embalse Río Hondo determina su cambio de nombre por el de Río Dulce, con el que penetra a la Provincia de Santiago del Estero. Esta subcuenca presenta una precipitación promedio anual de 800 mm y se considera de clima húmedo.

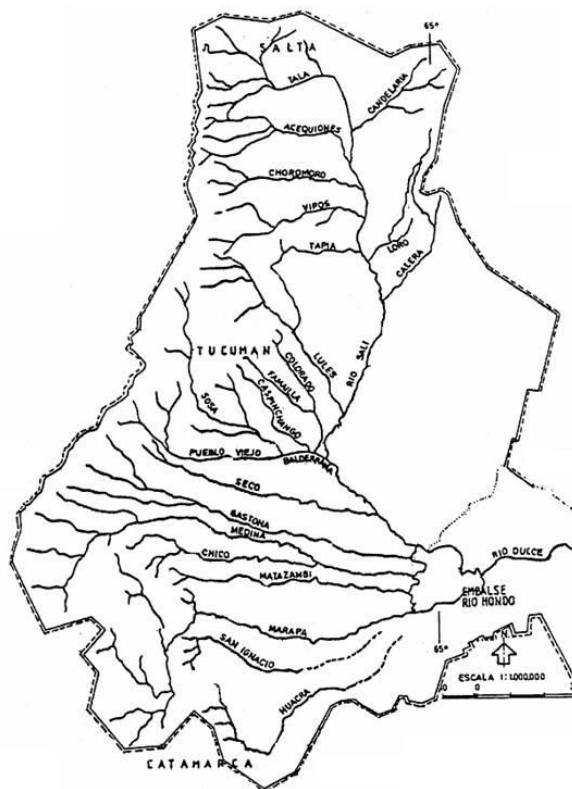


Figura 1.10 Cuenca Superior del Río Salí-Dulce (SSRH, UNC y UNSE, 2007)

## **Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita**

UNC | FCEfYN | Ingeniería Civil

En la cuenca alta, ubicada en la provincia de Tucumán, la transformación lluvia-caudal se produce con rapidez debido a la elevada escorrentía superficial que presenta la región. Ello trae aparejado que con precipitaciones intensas de regular duración se verifiquen desbordes en los cursos que descienden del cordón serrano del Aconquija, generándose fuertes correntadas que ocasionan inundaciones con daños a los bienes y con riesgos para la vida de los pobladores y que afectan a las infraestructuras públicas. La reducida de capacidad de regulación de los embalses de Escaba (126 Hm<sup>3</sup>) y El Cadillal (240 Hm<sup>3</sup>) no permiten una atenuación importante de las ondas de crecidas que se producen.

En la región inferior de esta cuenca la situación es diferente, tanto por la configuración de llanura de la misma como por la capacidad de laminación de avenidas que tiene el embalse de Río Hondo. Esta obra cercana a las Termas de Río Hondo regula el río con un embalse de 1400Hm<sup>3</sup> de capacidad actual y cuenta además con una central hidroeléctrica de 15MW.

No obstante ello, también se producen inundaciones para caudales superiores a 500m<sup>3</sup>/s incluso en el tramo de río donde está encajonado entre barrancas. Desde que está en servicio la presa de río Hondo los máximos caudales erogados de la misma fueron inferiores a 1600m<sup>3</sup>/s frente a una capacidad de evacuación de 2250 m<sup>3</sup>/s.

### **La cuenca media y los bañados:**

A unos 50 Km aguas abajo de Río Hondo se encuentra la presa de derivación de Los Quiroga, cabecera del sistema de riego del río Dulce, que alimenta un canal matriz que alimenta 10 canales secundarios, uno de los cuales el San Martín, cruza con un sifón el río para regar la margen derecha y abastecer de agua potable a la ciudad de Loreto. El mencionado canal matriz se prolonga con el nombre de Jume-Esquina hasta el río Salado materializando un trasbase de 225 Hm<sup>3</sup>/año.

Desde el azud de Los Quiroga se derivan por año, en promedio, un volumen del orden de 1.000 Hm<sup>3</sup> y constituye la más importante extracción de agua del río Dulce en toda la cuenca. Abastece el riego de más de 100.000 Ha.

Unos 50 Km al sur de la ciudad de Santiago del Estero existen otras derivaciones desde el río hacia ambos márgenes. Configuran el sistema denominado de Canales menores: por margen derecha derivan el canal del Alto, el Plato Pakiska y el Pinto y por la ribera izquierda el Cancinos-Brea Pozo y el Anchanca-Mistol Bajo. Estos canales derivan con tomas libres y tienen por finalidad el abastecimiento de agua a poblaciones: Atamiski, Medellín, Chilca, Juliana, Los Telares y otras, y también proveen agua para consumo de ganado y parcelas de riego de reducido tamaño. En conjunto estas conducciones derivan desde el río Dulce un volumen anual del orden de 60Hm<sup>3</sup> como máximo.

En el área de bañados existen también algunos canales para conectar cauces que se activan temporariamente pero que no revisten el carácter de obras de funcionamiento permanente. Finalmente en el departamento Salavina se encuentra la laguna de Mikilo sobre el río Utis, de cuyas proximidades deriva el canal Mikilo-Pinto, que abastece de agua potable a las localidades de Pinto, Villa Union, Malbran y Argentina. (Gallego, 2012)



## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfYN | Ingeniería Civil

La alta variabilidad en los caudales de su afluente principal, el Río Dulce, determina la formación de lagos y zonas inundadas permanentes, estacionales e intermitentes de gran extensión durante el período de crecientes (Figura 1.11) Durante el estiaje muchos de estos humedales pierden contacto con el curso principal y aumentan su salinidad por evaporación. El valle de inundación del Río Dulce es equivalente a un inmenso delta (Figura 1.12) con un declive muy pequeño y con una gama muy grande de tenor salino en sus aguas. Su dinámica está condicionada y modelada fundamentalmente por la magnitud y la frecuencia de las inundaciones periódicas generadas por el aporte del Río Dulce. La frecuencia, intensidad y duración de dichas inundaciones determinada el modelado de la red hidrológica, la deposición y remoción de sedimentos y la composición florística de la vegetación. El pulso de inundación constituye por lo tanto el factor dinámico esencial para mantener la heterogeneidad de la vegetación y la fauna asociada, por lo que la preservación del régimen de inundación es un requisito básico para su conservación. (Plencovich, 2011)



**Figura 1.11** Vista aérea de la inundación en los Bañados del río Dulce a la altura del puente de Paso de la Cina, visible en la parte inferior de la foto. El río Dulce corre bordeado por vegetación costera sobre el albardón. A ambos lados se expande la inundación en lámina, con un color azul oscuro (Bucher, 2006)

En esta región, aguas abajo del dique de Río Hondo, se presenta una precipitación media anual de 550 mm (actualizada al año 2004 en base a 25 estaciones pluviométricas) y se define como clima semiárido. En cuanto a la evapotranspiración potencial en la zona de bañados se ha estimado una media de 1300 mm.

En lo referente a los caudales por el río Dulce, el modulo para toda la serie de registros desde el año 1926 presenta un valor de 110 m<sup>3</sup>/s. En el área de bañados, caudales superiores a 90 m<sup>3</sup>/s provocan desbordes, pero en general no ocasionan perjuicios, sino al contrario, permiten sembradíos y pastoreo cuando se retiran las aguas. Esta dinámica puede apreciarse en la Figura 1.13.

**Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita**

UNC | FCEyN | Ingeniería Civil



**Figura 1.12** Delta formado en la desembocadura del río Dulce en la laguna Mar Chiquita (Bucher e. a., 2006)



**Figura 1.13** Expansión de la inundación anual en los Bañados del río Dulce al norte de la laguna Mar Chiquita, visible en la parte inferior de las imágenes. La inundación (que se aprecia como manchas oscuras) progresa desde las fases iniciales (imagen superior izquierda) hasta las fases finales, cuando se vierte en la laguna (imagen inferior derecha). Las imágenes corresponden a diferentes años en el período 1997-2002 (Bucher, 2006)

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfYn | Ingeniería Civil

### 1.6.2 El río Suquía y el río Xanaes

El **río Suquía** nace por la unión de varios ríos y arroyos del oeste cordobés. El San Francisco o río Grande de Punilla se une, a la altura de Cosquín, con el río Yuspe, que nace en Los Gigantes. Estos dos ríos forman el río Cosquín, luego éste se junta con el arroyo Las Mojarras y con el arroyo Los Chorrillos, ambos con nacimiento en Los Gigantes. Por último, se une a ellos el río San Antonio que nace en las Altas Cumbres o Sierras Grandes. Todos ellos desembocando en el Dique San Roque, en el cual se forma un embalse, dando nacimiento al río Suquía. Después de emerger del paredón del dique, recoge las aguas del arroyo Saldán y al atravesar la ciudad de Córdoba las del arroyo de La Cañada. Finalmente desemboca en la Laguna del Plata.

Este río posee un caudal medio de aproximadamente  $10,00 \text{ m}^3/\text{s}$ ; en el trayecto hacia la Laguna (200 Km), la pendiente media del cauce varía desde  $6 \text{ m}/\text{Km}$  ( $6 \text{ ‰}$ ) a  $3 \text{ m}/\text{Km}$  ( $3 \text{ ‰}$ ) en la zona de desembocadura en la Laguna. La cuenca hídrica abarca  $7.500 \text{ Km}^2$ , de los cuales  $1.900 \text{ Km}^2$ , corresponden a zona serrana y el resto, a zona de llanura que va desde el pie de las Sierras Chicas (Oeste de la Provincia de Córdoba) hasta la Laguna Mar Chiquita.

El **río Xanaes** tiene una dirección de escurrimiento Este-Noreste y sensiblemente paralela al Río Suquía, su cuenca es de aproximadamente  $6.700 \text{ Km}^2$  con pendientes de  $3\%$  a  $1,5 \%$ , posee una longitud de  $340 \text{ Km}$  y su módulo es de aproximadamente  $9,80 \text{ m}^3/\text{s}$ .

El río Xanaes se origina como tal a partir del embalse Los Molinos (de aproximadamente  $3.000 \text{ Ha}$ ) recibiendo posteriormente como afluentes el Arroyo San Agustín y el Río Anizacate. En sus nacientes se pueden observar barrancas bajas que disminuyen en altura a medida que avanza hacia la depresión de la Mar Chiquita o Ansenusa. Como consecuencia de la gran permeabilidad de los sedimentos y la pequeña pendiente el curso del río se ramifica en varios brazos, entre los cuales el de la cañada del Plujunta que le permite alcanzar su nivel de base. Esta cañada fue modificada por obras hidráulicas (1927) lo que hace que recoja todas las aguas del sector meridional de la Laguna de Mar Chiquita. Antes de la canalización el río transitaba por una serie de canales menores y uno principal, llamado Arroyo Saladillo, que desembocaba al sureste de la Laguna.

Las ubicaciones relativas de las cuencas en la provincia de Córdoba pueden apreciarse en la Figura 1.14 y el detalle de las mismas, tal lo descrito anteriormente en la Figura 1.15.

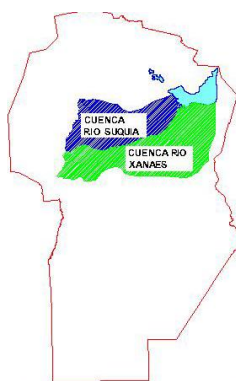


Figura 1.14 Ubicación de las cuencas del río Suquía y Xanaes en la provincia de Córdoba (Pagot, 2003)



## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfN | Ingeniería Civil

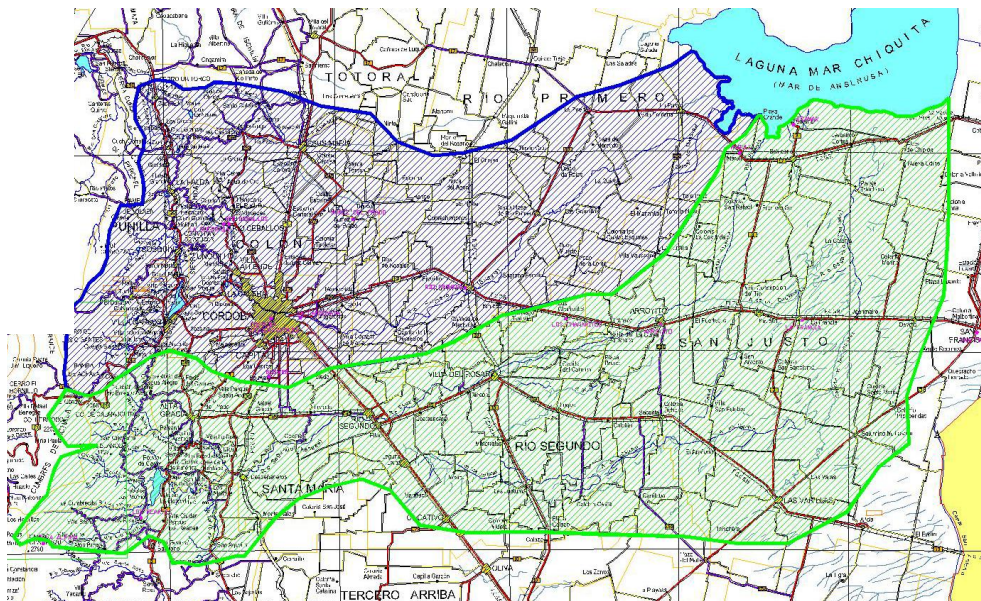


Figura 1.15 Mapa de las cuencas del río Suquia y Xanaes (Pagot, 2003)

### 1.6.3 La laguna Mar Chiquita

En particular, la Laguna Mar Chiquita se ubica al noreste de la Provincia de Córdoba (República Argentina), entre los  $30^{\circ}20'$  y  $31^{\circ}$  de latitud sur y los  $62^{\circ}40'$  y  $63^{\circ}10'$  de longitud oeste, ocupando también una pequeña porción de la región sureste de Santiago del Estero. El río Dulce (o Petri) es su principal tributario, en general sus aportes representan el 80% del total (Hillman, 1999). Los afluentes que llegan desde el sur de la Laguna, son los ríos Suquia (o río Primero) y Xanaes (o río Segundo), junto a arroyos menores desde el oeste, llegando a ser esporádicos en períodos de sequía.

La Laguna Mar Chiquita o Mar de Ansenusa se emplaza en una zona de llanura que es responsable de su escasa profundidad, del orden de 5,5 m en la actualidad, cubriendo un área cercana a 2.500 Km<sup>2</sup>, con un nivel de agua de 67,5 msnm (Vargas, 2014). El espejo de agua varía entre 2.000 a 4.500 Km<sup>2</sup> para los niveles medios, que se corresponden a cotas de 66 y 69 msnm, respectivamente, pudiendo alcanzar un área de 6.000 Km<sup>2</sup> para niveles altos (70 a 71 msnm). Es el mayor cuerpo de agua de la República Argentina según su superficie, la cual varía a su vez considerablemente con los niveles por tratarse de una laguna poco profunda (alrededor de 10 m) y con una zona de llanura especialmente al norte, por lo que se presentan grandes variaciones, dependiendo fundamentalmente del aporte del río Dulce, en menor proporción de los demás ríos que en ella desembocan y del aporte de los escurrimientos de aguas pluviales en épocas de precipitaciones abundantes. Lo descrito y el nivel actual de la laguna pueden apreciarse en la Figura 1.16.

**Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita**

UNC | FCEfN | Ingeniería Civil



**Figura 1.16** Situación actual de la laguna Mar Chiquita, con niveles cercanos a los de 1977. Contraste de un período de retirada [oct-2013] y uno de formación de los bañados del río Dulce [mar-2014]

Está limitada lateralmente por dos escalones aproximadamente paralelos, uno al oeste denominado Barranca del Saladillo y otro al este conocido como Borde de los Altos. En el borde inferior con dirección este-oeste se encuentran las elevaciones de Alto de Chipión (Figura 1.17). La parte sur de la cuenca más baja de la depresión está ocupada por la Laguna Mar Chiquita, desde donde el suelo se eleva suavemente hacia el norte de la Provincia de Córdoba hasta perderse en las llanuras de Santiago del Estero y algo más abruptamente en los demás rumbos. La mayor profundidad se encuentra en el sur, disminuyendo progresivamente hacia el norte, eso puede apreciarse en la batimetría de la Figura 1.18.



**Figura 1.17** Barrancas que marcan el límite sur de la máxima extensión alcanzada por las aguas de la laguna en toda su historia geológica (en el 2003), en Campo Mare, al norte de La Para (Bucher e. a., 2006)

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfYN | Ingeniería Civil

La isla más importante es la del Médano de aproximadamente 2 Km de longitud y 150 m de ancho ubicada a 15 Km al noroeste de Miramar.

En la laguna Mar Chiquita y sus adyacencias la precipitación media anual es de 850 mm y la evapotranspiración media anual es del orden de 1400 mm.

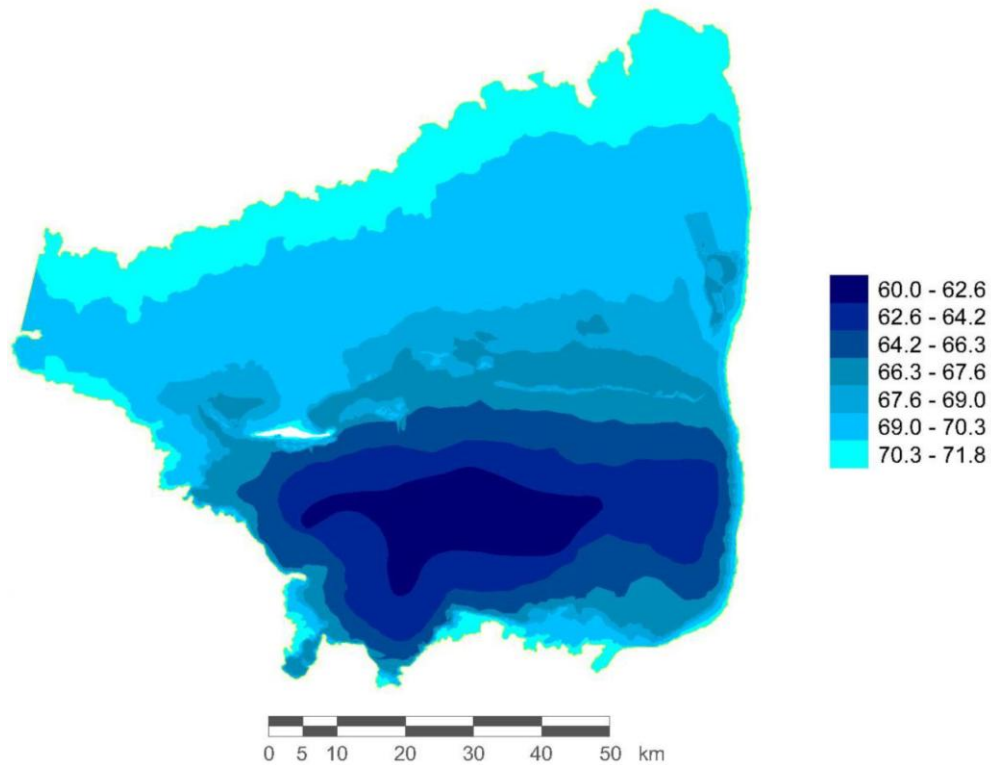


Figura 1.18 Mapa de profundidades de la Laguna Mar Chiquita [msnm] (Vargas, 2014)

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfYn | Ingeniería Civil

### CAPÍTULO 2: ACTUALIZACIÓN DE LA BASE DE DATOS EXISTENTE

#### 2.1 DATOS DISPONIBLES

Para iniciar las tareas de actualización de la base de datos hidrometeorológica del Laboratorio de Hidráulica de la FCEfYn, se realizó el recabado y organización de todas las series de datos disponibles y existentes hasta el momento de iniciadas estas tareas. El resumen de esta organización puede apreciarse en la Tabla 2.1, donde también se citan las fuentes de las cuales se obtuvieron cada una de las series de datos.

**Tabla 2.1** Variables hidrometeorológicas del sistema, con sus períodos de datos medidos y las fuentes de donde fueron obtenidos los mismos

Sector	Variable	Período	Fuente
Bañados del río Dulce	Precipitación	mar-68 a dic-97	(Hillman, 2003)
		oct-02 a jun-05	(Plencovich, 2011)
	Evapotranspiración	mar-68 a dic-97	(Hillman, 2003)
		oct-02 a ago-05	(Plencovich, 2011)
Caudal Río Hondo	mar-68 a ago-11	(Hillman, 2003) (Díaz, 2013)	
Caudal Los Quiroga	mar-68 a jun-97 dic-99 a ago-11	(Hillman, 2003) (Díaz, 2013)	
Laguna Mar Chiquita	Precipitación	mar-68 a jun-97	(Hillman, 2003)
		ene-03 a may-05	(Plencovich, 2011)
	Evaporación	ene-68 a dice-97	(Hillman, 2003)
		mar-01 a feb-04	(Plencovich, 2011)
	Caudal Río Primero	ene-68 a dic-11	(Hillman, 2003) (Plencovich, 2011) (Díaz, 2013)
		Caudal Río Segundo	ene-68 a abr-11
Niveles Medidos	ene-68 a mar-13		(Hillman, 2003) (Plencovich, 2011) (Vargas, 2014)

Todas estas series de datos son el resultado de sucesivos trabajos de investigación por parte de profesionales del Laboratorio de Hidráulica y de la Secretaría de Recursos Hídricos de la Provincia, quienes recogieron, acopiaron y procesaron las series vírgenes de datos hidrometeorológicos (y lo continúan realizando en la actualidad).

A partir de este punto se enfocaron las tareas en completar dichas series de datos, hasta la fecha más reciente que fuese posible.



## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfYn | Ingeniería Civil

### 2.2 VISITA DE CAMPO A UN TRAMO DEL RÍO DULCE Y SUS BAÑADOS

Con el objetivo de recabar datos hidrometeorológicos y conocer el sistema estudiado, se efectuó un viaje a los bañados del río Dulce. Esta campaña se realizó en compañía de los profesionales de la Secretaría de Recursos Hídricos de la Provincia de Córdoba y del Laboratorio de Hidráulica de la Universidad Nacional de Córdoba.

El viaje tuvo como objetivo alcanzar Paso de la Cina y Paso de Los Oscares ambos en la provincia de Santiago del Estero, uno al final y otro al inicio de la zona de bañados respectivamente. En la Figura 2.1 puede apreciarse las localizaciones respectivas de ambos parajes, la zona de bañados formada y los cauces del río Dulce y río Utis, de los cuales ahondaremos en detalles luego.

En total se realizó un recorrido de 750 Km partiendo y culminando en la ciudad de Córdoba, que demandó desde las 6:00 hasta las 23:00 hs del 24 de abril del 2014. Eso pone en evidencia lo costoso en tiempos y traslados que representa para cualquier repartición provincial mantener una presencia continua en el lugar. Siendo esa presencia un objetivo inalienable de la Secretaría de Recursos Hídricos, quien debe realizar el seguimiento y monitoreo permanente sobre el sistema de la laguna Mar Chiquita y sus bañados. Estos costos referidos son sin contar los instrumentales que deben colocarse, repararse o reponerse en algunos casos.



Figura 2.1 Mapa del sector de bañados del río Dulce-Utis que fue visitado, retocado de (Plencovich, 2011)



## **Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita**

UNC | FCEfyN | Ingeniería Civil

En esta campaña llevada a cabo por los profesionales citados, realizaron tareas de monitoreo del sector de los bañados, recolección de datos hidrometeorológicos y evaluación de la instalación de nuevo instrumental.

La situación de los bañados en su época de crecida [nov-abr] es muy similar a la que puede ser apreciada en la Figura 2.2, donde la lámina de inundación es contenida como un dique por el terraplén del camino. Al momento de realizar la visita a fines de abril, época de inicio del estiaje [may-oct] pudo apreciarse cómo la presencia de los bañados cerca del terraplén (en ambos casos) estaba disminuyendo.



**Figura 2.2** Vista aérea de la inundación en los Bañados del río Dulce a la altura del puente de Paso de la Cina, donde se aprecia el efecto de dique sobre la inundación en lámina que ejerce el camino que va hacia La Rinconada desde el oeste (Bucher, 2006)

Tanto Paso de la Cina al sur como Paso de Los Ocares al norte, se trata de dos asentamientos poblacionales escasos que no cuenta con ningún tipo de servicio básico. En ambos la población está a merced del río, por ser la primera zona que ocupa el mismo cuando crecen los bañados. El segundo difiere del primero por contar con una ruta asfaltada y tener mejor acceso a poblaciones importantes de la zona, como Sumampa y Pinto, ubicadas hacia el oeste y este respectivamente.

En su paso por estas localidades el río Dulce es un importante curso hídrico que da la impresión al observador/visitante que un río de esas características podría ser eje central de una zona muy desarrollada, lo que no quiere decir que para ello se desatiendan las funciones ecológicas que el mismo cumple con los humedales y la laguna Mar Chiquita para toda la región.

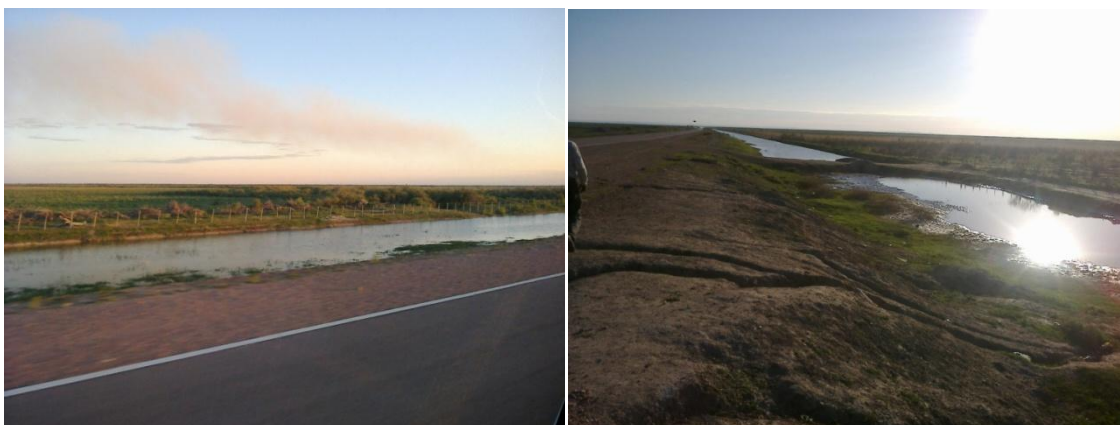
En Paso de la Cina grandes alcantarillas de hormigón armado atraviesan el terraplén para dar paso a los distintos brazos de los bañados del río Dulce, como se observa en las fotos de la Figura 2.3. Y en Paso de Los Ocares los bañados son conducidos por las cunetas del terraplén, cómo puede apreciarse en la Figura 2.4. Cómo antes se explico, las aguas por ellos conducidas se encontraban en retroceso por ser inicio de la época de estiaje.

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfyN | Ingeniería Civil



**Figura 2.3** Vista de una de las alcantarillas antes de llegar a Paso de la Cina (izq.) y un brazo de los bañados que cruza dichas alcantarillas (der.) el 24 de abril de 2014



**Figura 2.4** Presencia de los Bañados en las cunetas de Paso de Los Oscares sobre el río Utis el 24 de abril de 2014

En las fotografías siguientes de las Figuras 2.5 y 2.6 se pueden apreciar las vistas aguas abajo del cauce del río en ambas localidades. En ellas por falta de escala, no es apreciable el mayor ancho del río ni es perceptible la mayor profundidad de Paso de Los Oscares, respecto a Paso de la Cina. Ese mayor caudal es debido a que en Paso de Los Oscares (localidad conocida como “la puerta” a los bañados del Dulce) es donde el río comienza a desbordar hacia los bañados.

En la Figura 2.6 también se observa una vista del antiguo cauce del río Dulce (en la zona de Paso de Los Oscares), que desde un tiempo a esta parte ya no conduce el principal caudal del río y lo hace por un brazo dormido, denominado río Utis. Fue la conjunción de modificaciones realizadas por la mano del hombre para desviar caudales para riego junto a una crecida extraordinaria, lo que resultó en una arremetida inflexible del río por ese otro brazo y en un perjuicio enorme sobre las zonas otrora bañadas por el cauce principal.

Los tres lugares visitados fueron señalados con un círculo rojo en el mapa de la Figura 2.1.

**Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita**

UNC | FCEfN | Ingeniería Civil



**Figura 2.5** Vista aguas abajo del puente sobre el río Dulce en Paso de la Cina



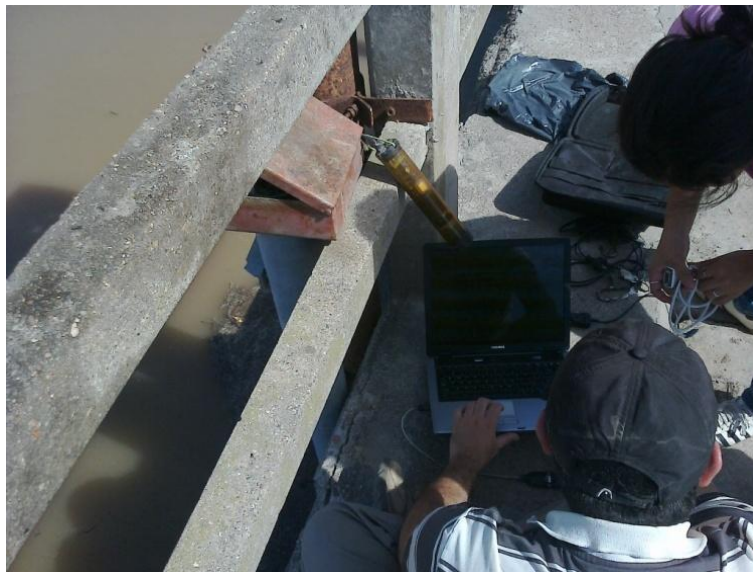
**Figura 2.6** Vista comparada (aguas abajo) del río Utis (izq.) y el río Dulce (der.) a la altura de Paso de Los Oscares

### 2.3 REVISIÓN DEL INSTRUMENTAL INSTALADO

Una de las tareas realizadas fue la revisión y control del estado del instrumental existente, de donde proceden la mayoría de las series de datos existentes y utilizados para la modelación. Los mismos son: una estación meteorológica ubicada en la localidad de Sumampa y un sensor de nivel del río ubicado en Paso de la Cina, ambas en la provincia de Santiago del Estero.

Al revisar el sensor de nivel se observó que la camisa del mismo se encontraba obstruida en el extremo inferior por los barros que el río arrastra y traslada de un sector a otro en el lecho del mismo. Debido al sistema encamisado en un caño, el aparato necesita dicho espacio libre para acompañar los cambios del nivel de agua y la obstrucción con barros es un problema importante que genera errores en las mediciones.

Los datos recogidos (Figura 2.7), serán procesados y corregidos en el futuro por el Laboratorio de Hidráulica y continuarán ampliando la serie de datos medidos.



**Figura 2.7** Recogida de datos del Limnómetro a través del Datalogger, de forma inalámbrica con una notebook



## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEyN | Ingeniería Civil

El instrumental utilizado para medir el nivel del agua en este sistema son limnímetros tipo “Thalimedes” que registra en una memoria los datos y luego se extraen a través de un sensor infrarrojo con una notebook.

El funcionamiento esquemático y el aspecto del mismo limnímetro se han plasmado en las Figuras 2.8 y en la Figura 2.9 se puede apreciar el Datalogger que registra y almacena en una base de datos los cambios de nivel, la fecha y la hora. Estos luego son recogidos y procesados con un ordenador.

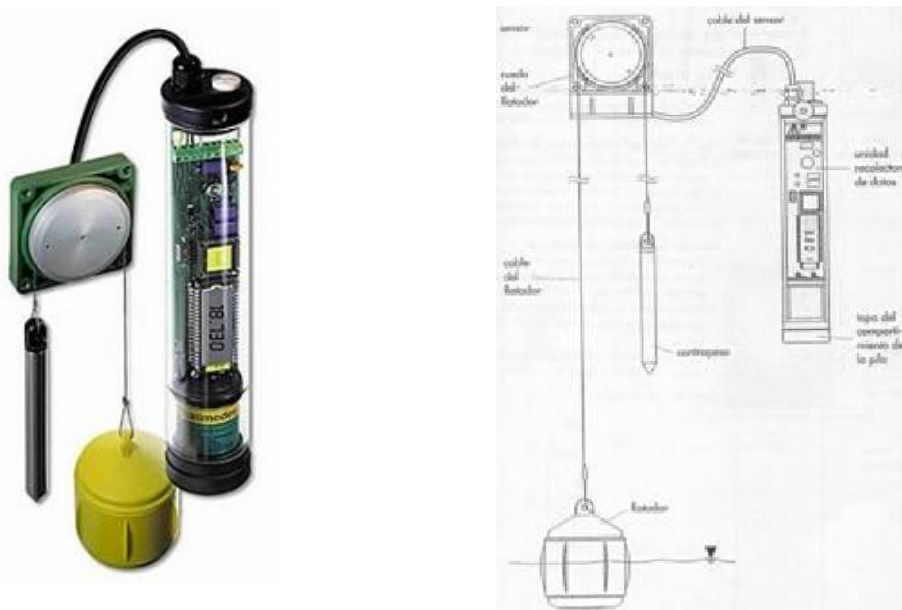


Figura 2.8 Vista y esquema de funcionamiento del limnímetro tipo “Thalimedes”



Figura 2.9 Visor electrónico del nivel con el Datalogger y conexión inalámbrica para notebook

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfN | Ingeniería Civil

En cuanto la obtención de datos meteorológicos en los bañados, no se obtuvieron las series de datos meteorológicos de Sumampa por encontrarse la existente estación meteorológica tipo "Davis" sin baterías.

En el futuro, se dispondrán de 2 nuevos limnímetros pertenecientes a la Comisión de Cuenca, que midan el nivel del pelo de agua del río Dulce en Paso de la Cina y del río Utis en Paso de Los Oscares. La instalación de estos instrumentales (tarea comisionada al Laboratorio de Hidráulica de la UNC) fue uno de los objetivos del equipo técnico que viajó al lugar, como puede apreciarse en la Figura 2.10. Los instrumentales instalados son idénticos al que ya se encuentran operando para el CETA-UNC y fue controlado en Paso de la Cina.



Figura 2.10 Instalación de soporte para limnómetro de Paso de Los Oscares (izq.) y el instalado en Paso de la Cina (der.)

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfyN | Ingeniería Civil

### 2.4 OBTENCIÓN DE DATOS METEOROLÓGICOS

La **primera etapa** de esta tarea fue buscar en la biblioteca del Laboratorio de Hidráulica las planillas y registros meteorológicos que aún se encontraban sin procesamiento digital. Se buscaron aquellas concernientes a los datos de Miramar (Córdoba) y Sumampa (Santiago del Estero). Los datos que buscaban recabarse en orden de importancia son: Precipitaciones, Temperaturas medias (o en su defecto la Temperatura máxima y mínima) y Evaporación (si no existieran son determinables empíricamente).

Las planillas conseguidas fueron los registros manuscritos provenientes del guardaparque Pablo Michelutti, que permitieron obtener los datos de temperatura y precipitación medidos desde la reserva de Miramar, al lado de la laguna.

Dichos registros manuscritos estaban confeccionados como planillas, las cuales se procesaron en dos etapas: la primera con los registros ya existentes en el Laboratorio desde [ene-05] hasta [ene-2011] y la siguiente cuando fueron pedidos y conseguidos los últimos registros disponibles desde [feb-2011] hasta [dic-2012]. Una muestra de ellas se aprecia en la Figura 2.11.

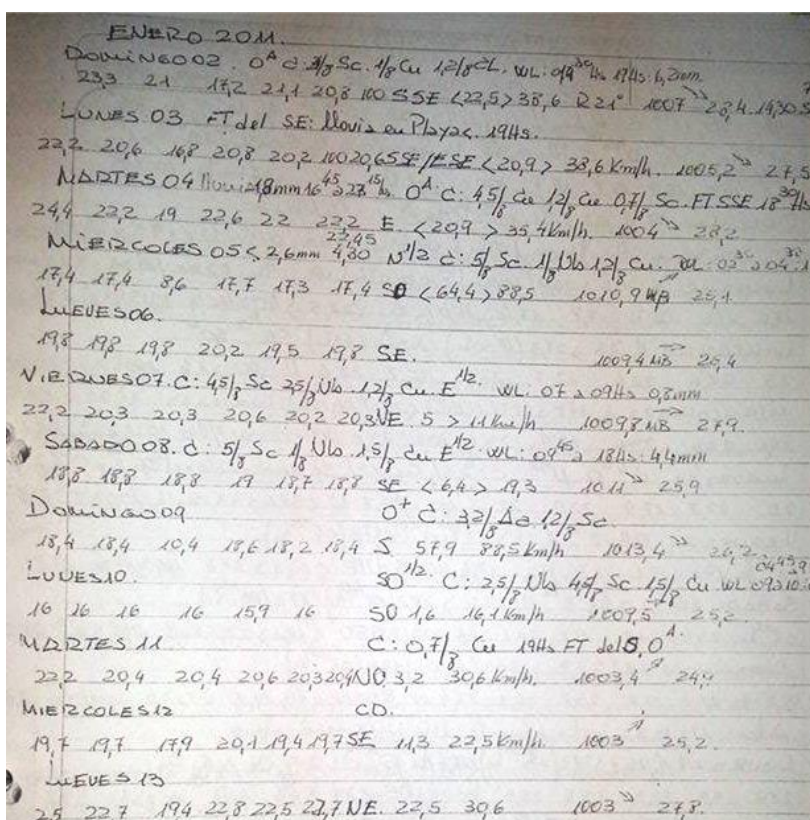


Figura 2.11 Planilla de registros meteorológicos del guardaparque Pablo Michelutti. Muestra: la correspondiente desde el 2 al 13 de enero de 2011.

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCFyN | Ingeniería Civil

Estos registros son de mucha importancia, ya que de esta manera puede contarse con registros meteorológicos desde el lugar más cercano posible a la laguna Mar Chiquita. Registros oficiales de la localidad de Miramar (Córdoba) no existen por parte del Servicio Meteorológico Nacional y los más cercanos distan lo suficiente de la laguna: Ceres (Santa Fé) 40 Km, Santa María del Río Seco (Córdoba) 55 Km y Sunchales (Santa Fé) 65 Km. Lo que convierte a estos registros en un material invaluable.

Las series finales conseguidas de la digitalización de los registros del guardaparque Pablo Michelutti se pueden observar en la siguientes Tablas 2.2 y 2.3.

**Tabla 2.2** Temperaturas medias de Miramar (Córdoba) entre 2004 y 2012  
[Los casilleros vacíos son información que no se pudo encontrar.]

T°	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>2004</b>												
<b>2005</b>	24,1	22,7				13,7			13,1			
<b>2006</b>			24,1	19,8								
<b>2007</b>	32,7	25,7	22	19,5	12,7	11	6	7,4	15,6	20	23,5	25,3
<b>2008</b>						7,8	14,7	12,5	14,5	19,7	23,4	24,8
<b>2009</b>	24,4		22,8		15,3	11,2	10,1	13,1				
<b>2010</b>					15,5	13,1	8,8	9,8	13,8	15,7	19,6	22,1
<b>2011</b>												
<b>2012</b>												

**Tabla 2.3** Precipitaciones totales de Miramar (Córdoba) entre 2004 y 2012  
[Los casilleros vacíos son información que no se pudo encontrar.]

Prec.	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>2004</b>	11	63,9	127,4	100,4	18	19,8	36,02	36,42	4,6	54,88	229,1	59,49
<b>2005</b>	85	154,9	194,5	64,4	0,6	5,3	23,4	34,8	2,6	0,4	60	28
<b>2006</b>	88,2	120,7	185,5	95	3	4,5	0,5	0	0,4	44	124	91,7
<b>2007</b>	43	73	151,8	24,1	82,4	132,5	91	47,5	148,1	48,2	49,1	134,4
<b>2008</b>	169,3	256	138,1	90,3	81,3	2,3	3,8	0	70,7	153,1	140,9	105,7
<b>2009</b>	116,7	17,2	265,2		22,1	3,6	22,2	0				
<b>2010</b>					12,6	1,4	0	0,2	25,8	21,4	34,8	38,2
<b>2011</b>	78,5	0	12	3,2	1	20,5	18	1,9	0	10,8	41,3	15
<b>2012</b>	60,9	132,2	132,2	33,6	28,6	1,1	10,1	67,5	20,7	82,2	90,1	249,9

Entre las planillas, también se encontraban registros realizados por alumnos de una escuela de Miramar. Dichos datos sirvieron para contrastar con los registros principales, encontrándose una buena correlación entre ellos. Encontrar esas planillas inspiró a elaborar una planilla de registros estandarizada, que pudiera servir para brindar a escuelas que quisieran participar en tareas de relevamiento meteorológico, de esta forma facilitando esas tareas y su seguimiento.



## **Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita**

---

UNC | FCEfYN | Ingeniería Civil

Como resultado en el viaje a los bañados se encontró que los registros de la zona estaban también discontinuados y con serios faltantes, por lo cual no fue posible completar con esta fuente por sí sola la serie de datos de Sumampa.

La **siguiente etapa** de la tarea se inició entonces, cuando se encontró el faltante de algunos datos meteorológicos de las series conseguidas para la laguna en Miramar (Córdoba) y el faltante absoluto de los datos de Sumampa (Santiago del Estero) para completar el balance hidrológico en los bañados.

Entonces se solicitó, por intermedio del Laboratorio de Hidráulica, al Servicio Meteorológico Nacional (SMN) las series de datos que dispusiera de Ceres (Santa Fé) y de Santiago del Estero (Santiago del Estero) desde al menos el 2005 hasta la actualidad. La Lic. Ana Teresa Gómez jefa del departamento de C.I.M. se expidió con celeridad y brindó la información solicitada de ambas localidades de forma diaria desde el año 1970 al 2014, a través del Exp. N° 147.325. Esta información se procesó de manera mensual y pueden encontrarse las series finales en los Anexos de este informe.

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfN | Ingeniería Civil

### 2.5 ANÁLISIS DE LAS SERIES DE PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA

Al finalizar el procesado de las series completas del SMN, transformando los valores diarios a mensuales, se buscó comparar los datos de las localidades suministradas de Ceres y Santiago del Estero con las de las localidades establecidas en el modelo LAMBDA: Miramar y Sumampa respectivamente.

Primeramente se trabajó con el de los Bañados en Sumampa (Plencovich, 2011) y Santiago del Estero (SMN, 2014) para los períodos donde se contaron con los datos de ambos. Esas series de datos comparadas para **Precipitaciones y Temperaturas medias** se encuentran en las Tabla 2.4 y 2.5 respectivamente.

**Tabla 2.4** Precipitaciones de los Bañados (Plencovich, 2011) y Santiago del Estero (SMN, 2014)

Trim-estre	Plenc. P [mm]	SMN P [mm]	Difer. [%]	Trim-estre	Plenc. P [mm]	SMN P [mm]	Difer. [%]	Trim-estre	Plenc. P [mm]	SMN P [mm]	Difer. [%]
mar-70	306,6	301,5	102%	sep-79	60,3	29,1	207%	mar-89	321,2	109	295%
jun-70	42,2	76,5	55%	dic-79	178,3	290,8	61%	jun-89	175,9	62,2	283%
sep-70	63,7	47	136%	mar-80	322,4	342,4	94%	sep-89	21	14,2	148%
dic-70	179	147,2	122%	jun-80	188,9	38,7	488%	dic-89	166,8	397,7	42%
mar-71	617,6	397,3	155%	sep-80	48,4	24	202%	mar-90	612,4	354,9	173%
jun-71	66,5	37	180%	dic-80	341,8	417,9	82%	jun-90	42,3	92,2	46%
sep-71	32,3	16,5	196%	mar-81	586,9	426,6	138%	sep-90	14,7	5,6	263%
dic-71	200,6	154,4	130%	jun-81	213	63,5	335%	dic-90	275,1	111,5	247%
mar-72	303,1	152,1	199%	sep-81	13,6	4,2	324%	mar-91	188,4	346,9	54%
jun-72	187,4	77,1	243%	dic-81	323,5	181,5	178%	jun-91	169,1	69,8	242%
sep-72	145,2	30,8	471%	mar-82	307,2	324,8	95%	sep-91	76,4	8,4	910%
dic-72	310,8	139,8	222%	jun-82	166,9	103,4	161%	dic-91	300,6	232	130%
mar-73	369,9	394,6	94%	sep-82	175,5	72,7	241%	mar-92	327,5	456,8	72%
jun-73	323,8	159,8	203%	dic-82	334	288,9	116%	jun-92	184,5	102,2	181%
sep-73	16,6	6,9	241%	mar-83	482	337,9	143%	sep-92	99,9	41,4	241%
dic-73	217,4	199,2	109%	jun-83	97,4	55,1	177%	dic-92	545,9	291,8	187%
mar-74	606,4	974,6	62%	sep-83	59,5	16,9	352%	mar-93	421,3	233,3	181%
jun-74	134	93,2	144%	dic-83	280	259,8	108%	jun-93	67,2	68,6	98%
sep-74	46,4	20,7	224%	mar-84	674,5	409,8	165%	sep-93	22,1	8	276%
dic-74	329,7	74	446%	jun-84	55	30,7	179%	dic-93	308,7	129,6	238%
mar-75	347,1	220	158%	sep-84	143,2	19,1	750%	mar-94	414,6	214,7	193%
jun-75	236,6	64,8	365%	dic-84	400,7	133,6	300%	jun-94	233,6	82,7	282%
sep-75	133,9	42,2	317%	mar-85	329,2	250,9	131%	sep-94	11,5	5,1	225%
dic-75	188,3	149,7	126%	jun-85	105,9	53,9	196%	dic-94	265	215,7	123%
mar-76	482,1	490,5	98%	sep-85	118,6	22,6	525%	mar-95	306	295	104%
jun-76	45,1	5,9	764%	dic-85	324	385,7	84%	jun-95	48,4	17,5	277%
sep-76	38,2	6,9	554%	mar-86	163,7	267,5	61%	sep-95	10,6	4,2	252%
dic-76	374,9	152	247%	jun-86	194,3	54,5	357%	dic-95	227,4	90,1	252%
mar-77	522,6	561,4	93%	sep-86	154,7	56,6	273%	mar-96	357,3	439,3	81%
jun-77	130,6	191,8	68%	dic-86	316,8	143,3	221%	jun-96	152,4	128,3	119%
sep-77	34,2	48,5	71%	mar-87	441,6	232	190%	sep-96	104,1	44,4	234%
dic-77	472,1	185,2	255%	jun-87	105,7	56,5	187%	dic-96	265,4	333,9	79%
mar-78	610,8	242	252%	sep-87	19,1	1,4	1364%	mar-97	385,9	356	108%
jun-78	51,9	10,2	509%	dic-87	286,4	250,3	114%	jun-97	56,2	11,7	480%
sep-78	84	26,7	315%	mar-88	415,5	239,5	173%	sep-97	32,8	35,1	93%
dic-78	357,4	238,5	150%	jun-88	5,3	12	44%	dic-97	433,1	327,2	132%
mar-79	363	278,6	130%	sep-88	69,2	3,1	2232%				
jun-79	109,9	59,3	185%	dic-88	95,3	27	353%				

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCFyN | Ingeniería Civil

Tabla 2.5 Temperaturas medias de los Bañados (Plencovich, 2011) y Santiago del Estero (SMN, 2014)

Meses	Sumampa Temp. [°C]	Sgo. del Estero Temp. [°C]	Factor de Diferencia [%]
Fuente:	(Plencovich, 2011)	(SMN, 2014)	
Mar-04	27,7	25,16	110%
Abr-04	24,2	21,36	113%
May-04	12,9	13,53	95%
Jun-04	13,8	13,73	100%
Jul-04	13	14,41	90%
Ago-04	15,9	15,68	101%
Sep-04	18,6	20,42	91%
Oct-04	21,8	24,35	90%
Nov-04	24,6	25,01	98%
Dic-04	24,7	27,84	89%
Ene-05	35	29,25	120%
Feb-05	30,4	27,36	111%
Mar-05	26,9	24,14	111%
Abr-05	24,9	18,90	132%

Con la aplicación de un **Factor de Ajuste de 1,41** para lograr llevar a ambas series de Precipitaciones a una igual cantidad de “Precipitación acumulada”, podemos observar de esta simple simulación en la Figura 2.12 cómo no existe una correlación entre los picos máximos y algunos mínimos de ambas series de datos.

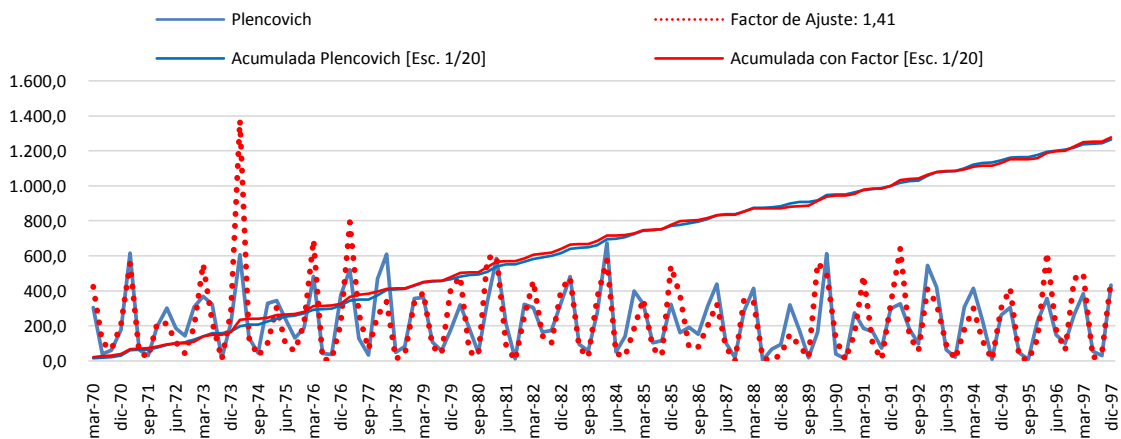


Figura 2.12 Correlación de Precipitaciones entre los Bañados (Plencovich, 2011) y Santiago del Estero (SMN, 2014)

Con la misma intención para el caso de las Temperaturas, se utilizó un **Factor de Ajuste de 1,04** para lograr llevar a ambas series a una misma “Temperatura media”. En la Figura 2.13 podemos observar como existe un desfase continuo entre ambas series de datos.

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfN | Ingeniería Civil

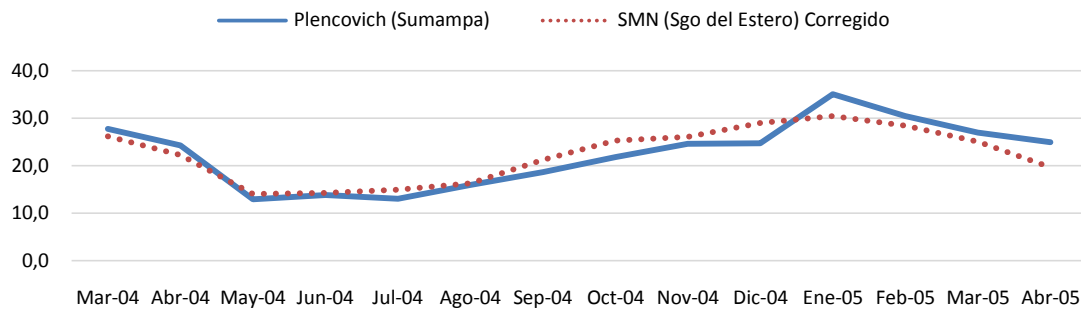


Figura 2.13 Comparación de Temperaturas medias entre los Bañados (Plencovich, 2011) y Santiago del Estero (SMN, 2014)

Luego se trabajo con el caso de la laguna con las series de Miramar en Córdoba (Plencovich, 2011) & (Michelutti, ene.2005-dic.2012) y Ceres en Santa Fé (SMN, 2014) también para los períodos donde se contaran con los datos de ambos. A continuación se exponen esas series comparadas completas de **Precipitaciones y Temperaturas medias** en la Tabla 2.6.

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfN | Ingeniería Civil

Tabla 2.6 Temperaturas medias y Precipitaciones de Miramar (Córdoba) (Plencovich, 2011) + (Michelutti, ene.2005-dic.2012) y Ceres (Santa Fé) (SMN, 2014) y Factores de diferencia entre ellas (en porcentaje)

Mes	Miramar		Ceres (SMN)		Factores de Diferencia		Mes	Miramar		Ceres (SMN)		Factores de Diferencia	
	Temp.	Precip.	Temp.	Precip.	Temp.	Precip.		Temp.	Precip.	Temp.	Precip.	Temp.	Precip.
ene-04		11	26,3	13		<b>118%</b>	feb-09		17,2	25,8	98,4		<b>572%</b>
feb-04		63,9	23,8	81,5		128%	mar-09	22,8	265,2	25,0	75,3	<b>110%</b>	28%
mar-04		127,4	23,8	36,5		29%	abr-09			23,1	16,6		100%
abr-04		100,35	20,4	149,7		149%	may-09	15,3	22,1	18,1	2,8	<b>118%</b>	13%
may-04		18	13,1	9,2		51%	jun-09	11,2	3,6	13,2	1,2	<b>118%</b>	33%
jun-04		19,8	14,2	9		45%	jul-09	10,1	22,2	11,5	14	<b>114%</b>	63%
jul-04		36,02	14,3	4,6		13%	ago-09	13,1		17,8	0,1	<b>136%</b>	
ago-04		36,42	15,0	0,2		1%	sep-09			15,6	77,4		
sep-04		4,6	19,0	48,9		1063%	oct-09			15,0	66,2		
oct-04		54,88	20,3	72,6		132%	nov-09			19,4	207,8		
nov-04		229,13	22,4	81		35%	dic-09			19,5	116,4		
dic-04		59,49	25,0	110,2		185%	ene-10			20,0	153,6		
ene-05	24,1	85	26,3	113	<b>109%</b>	133%	feb-10			21,0	89,1		
feb-05	22,7	154,91	24,8	131	<b>109%</b>	85%	mar-10			18,8	199		
mar-05		194,5	22,8	349,6		180%	abr-10			13,0	47,3		
abr-05		64,4	17,7	66,8		104%	may-10	15,5	12,6	9,6	56,2	<b>62%</b>	446%
may-05		0,6	16,3	11,3		1883%	jun-10	13,1	1,4	11,2	1,4	<b>86%</b>	100%
jun-05	13,7	5,3	15,1	30,5	<b>110%</b>	575%	jul-10	8,8	0	12,1	0,2	<b>137%</b>	100%
jul-05		23,4	13,8	23		98%	sep-10	13,8	25,8	17,3	49,4	<b>126%</b>	191%
ago-05		34,8	14,7	10,1		29%	oct-10	15,7	21,4	19,4	4,9	<b>123%</b>	23%
sep-05	13,1	2,6	14,9	2,3	<b>114%</b>	88%	nov-10	19,6	34,8	22,7	67,1	<b>116%</b>	193%
nov-05		60	22,8	106,6		178%	dic-10	22,1	38,2	25,1	130	<b>114%</b>	340%
dic-05		28	23,1	144,3		515%	ene-11		78,5	26,0	320,3		408%
ene-06		88,2	27,1	94,6		107%	feb-11		0	24,1	145,5		
feb-06		120,7	25,9	43,1		36%	mar-11		12	22,6	73		608%
mar-06	24,1	185,5	22,4	127	<b>93%</b>	68%	jun-11		20,5	12,6	27,1		132%
abr-06	19,8	95	19,8	121,5	<b>100%</b>	128%	jul-11		18	12,6	17		94%
may-06		3	14,2	6,7		223%	ago-11		1,9	13,4	1,3		68%
jun-06		4,5	14,7	42,3		940%	sep-11		0	18,1	9,1		
jul-06		0,5	15,7	2,4		480%	oct-11		10,8	19,5	112,7		1044%
ago-06		0	13,2	14		100%	nov-11		41,3	23,5	88		213%
sep-06		0,4	16,9	0		0%	dic-11		15	24,9	24		160%
oct-06		44	21,9	100,3		228%	ene-12		60,9	26,8	146,2		240%
nov-06		124	22,9	71,4		58%	feb-12		132,2	27,5	69,8		53%
dic-06		91,7	25,7	175,9		192%	mar-12		132,2	23,4	132,4		100%
ene-07	32,7	43	26,4	40	<b>81%</b>	93%	abr-12		33,6	19,8	65,1		194%
feb-07	25,7	73	26,0	149,8	<b>101%</b>	205%	may-12		28,6	18,0	38		133%
mar-07	22	151,8	22,9	396,5	<b>104%</b>	261%	jun-12		1,1	13,9	3,4		309%
abr-07	19,5	24,1	19,9	68,7	<b>102%</b>	285%	jul-12		10,1	11,6	0,3		3%
may-07	12,7	82,4	13,4	14,4	<b>106%</b>	17%	ago-12		67,5	16,2	11		16%
jun-07	11	132,5	11,3	10	<b>103%</b>	8%	sep-12		20,7	19,3	17		82%
jul-07	6	91	9,9	2,4	<b>165%</b>	3%	oct-12		82,2	21,6	42,5		52%
ago-07	7,4	47,5	11,0	8,5	<b>149%</b>	18%	nov-12		90,1	24,3	106,4		118%
sep-07	15,6	148,1	17,9	40,5	<b>115%</b>	27%	dic-12		249,9	26,2	167,3		67%
oct-07	20	48,2	21,2	92,4	<b>106%</b>	192%	ene-13	19,6	51	26,1	58,3	<b>133%</b>	114%
nov-07	23,5	49,1	22,1	45,8	<b>94%</b>	93%	feb-13	19,3	27	24,7	178,5	<b>128%</b>	661%
dic-07	25,3	134,37	24,8	82,4	<b>98%</b>	61%	mar-13	14,6	106	21,9	74,4	<b>150%</b>	70%
ene-08		169,31	26,4	85,6		51%	abr-13	15	133	20,8	4	<b>139%</b>	3%
feb-08		256	24,6	110,9		43%	may-13	9,4	57	17,4	1,8	<b>185%</b>	3%
mar-08		138,1	24,0	12,7		9%	jun-13	7,2	5	14,9	33,9	<b>207%</b>	678%
abr-08		90,3	19,6	2		2%	jul-13	6,3	37	14,1	3	<b>223%</b>	8%
may-08		81,3	16,8	3,9		5%	ago-13	6,5	5	14,0	0	<b>215%</b>	0%
jun-08	7,8	2,3	11,6	0,1	<b>148%</b>	4%	sep-13	8,8	69	18,0	27,2	<b>204%</b>	39%
jul-08	14,7	3,8	17,2	0	<b>117%</b>	0%	oct-13	13,4	111	22,5	75,2	<b>168%</b>	68%
ago-08	12,5	0	15,5	0,7	<b>124%</b>		nov-13	16,6	117	23,4	128	<b>141%</b>	109%
sep-08	14,5	70,7	17,2	60,5	<b>119%</b>	86%	dic-13	21,3	41	28,3	49,1	<b>133%</b>	120%
oct-08	19,7	153,1	21,2	81	<b>107%</b>	53%	ene-14	20,9	191	27,7	119,1	<b>133%</b>	62%
nov-08	23,4	140,9	24,2	79,4	<b>104%</b>	56%	feb-14	18,8	149	25,1	171,9	<b>134%</b>	115%
dic-08	24,8	105,7	26,3	15	<b>106%</b>	14%	mar-14	16,5	89	21,0	108,4	<b>127%</b>	122%
ene-09	24,4	116,7	25,8	91	<b>106%</b>	78%							



## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfYN | Ingeniería Civil

Con la aplicación de un **Factor de Ajuste de 0,91** para lograr llevar a ambas series de Precipitaciones a una igual cantidad de “Precipitación acumulada”, podemos observar en la Figura 2.14 esta simulación simple cómo existe una disparidad (mayor que en el otro caso) entre los picos máximos y algunos mínimos de ambas series de datos.

Con la misma intención para el caso de las Temperaturas, se utilizó un **Factor de Ajuste de 0,95** para lograr llevar a ambas series a una misma “Temperatura media”. En la Figura 2.15 podemos observar en resultado, un desfase alternado en distintos períodos entre ambas series de datos.

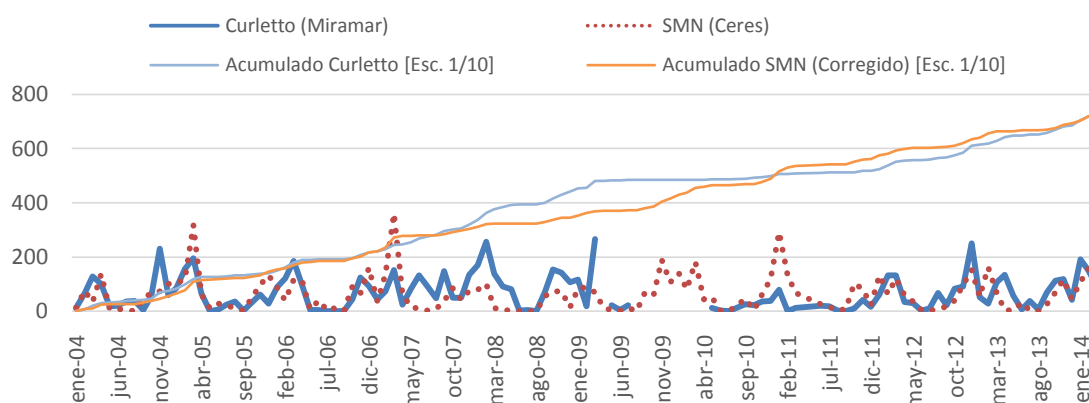


Figura 2.14 Comparación de Precipitaciones entre Miramar (Plencovich, 2011) & (Michelutti, ene.2005-dic.2012) y Ceres (SMN, 2014)

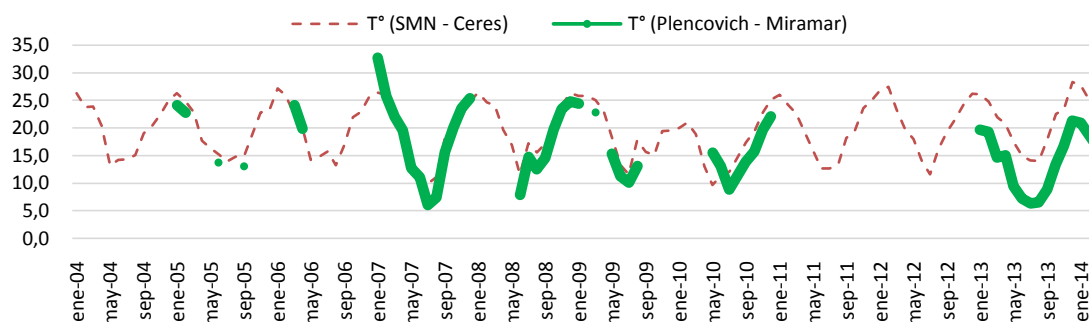


Figura 2.15 Comparación de Temperaturas medias entre Miramar (Plencovich, 2011) & (Michelutti, ene.2005-dic.2012) y Ceres (SMN, 2014)

Debido a que la utilización de un factor lineal no permitió representar el comportamiento del sistema de estudio con una aceptable paridad (principalmente en el caso de las Precipitaciones), se decidió el tratamiento de dichas correlaciones por medio de funciones de aproximación.

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfYN | Ingeniería Civil

### 2.6 ESTIMACIÓN DE LA EVAPORACIÓN

La Evapotranspiración de Sumampa (en los Bañados) y la Evaporación de Miramar (en la Laguna) se estimaron por el método de **Thornthwaite** (Aparicio Mijares, 1992). Se eligió dicho método por tener una forma simplificada que se podía aplicar con las series de datos meteorológicos que más similar comportamiento poseía entre ambos sistemas: las Temperaturas medias.

$$E = 16. Ka. \left( \frac{10.Tj}{I} \right)^a \quad (\text{Ec. 2.1})$$

$$a = 6,75. 10^{-7}. I^3 - 7,71. 10^{-5}. I^2 + 1,79. 10^{-2}. I + 0,492 \quad (\text{Ec. 2.2})$$

$$I = \sum i_j \quad j = 1, \dots, 12 \text{ (meses)} \quad (\text{Ec. 2.3})$$

$$i = \left( \frac{Tj}{5} \right)^{1,514} \quad (\text{Ec. 2.4})$$

Donde **E** es la evapotranspiración [mm] **d** son las horas de luz del día [hs], **N** es el número de días que tiene el mes, **Tj** es la temperatura media del mes *j* [°C], **Ka** constante que depende de la latitud y mes del año (por simplificación  $Ka = 1$ ) y **a**, **i**, **I** son constantes del método.

La Ecuación 2.1 fue incorporada dentro de las planillas del modelo en la solapa "Origen de datos" donde pueden consultarse sus resultados. Los mismos se convirtieron en los datos de entrada para ser tratados estadísticamente en el siguiente apartado.

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfyN | Ingeniería Civil

### 2.7 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

Cómo se explicó, los datos meteorológicos que utiliza el modelo deben ser medidos en los bañados del río Dulce en Sumampa (Santiago del Estero) y en la laguna Mar Chiquita en Miramar (Córdoba). Como no se disponían de los mismos y para extender las series de datos meteorológicos, se utilizaron los brindados por el SMN de sus estaciones de Ceres (Santa Fe) y Santiago del Estero (Santiago del Estero).

Las series son completadas de forma automática dentro del modelo, para facilitar en el futuro completarlas con datos medidos in situ. Esto se explica en el subcapítulo “Mejoras en la presentación del modelo”.

Para poder aplicar esos datos al modelo se realizaron correlaciones en los períodos de tiempo en que se superponían las series respectivas. Los datos de Ceres (SMN, 2014) se utilizaron para completar los de Miramar y los de Santiago del Estero (SMN, 2014) lo propio con los de Sumampa.

Las Precipitaciones y Temperaturas medias brindadas (SMN, 2014) se correlacionaron con las Precipitaciones y Temperaturas disponibles medidas en el pasado (Plencovich, 2011).

En el caso de la Evaporación y Evapotranspiración se realizó en un momento posterior. Ya que el cálculo por medio del método de Thornthwaite se hizo utilizando las Temperaturas medias existentes (Plencovich, 2011) o las brindadas (SMN, 2014) ya correlacionadas.

En la Tabla 2.7 se resumen las Correlaciones utilizadas para caso y luego en los subcapítulos siguientes se detallaron las funciones finales nombradas.

**Tabla 2.7** Resumen de las correlaciones realizadas en el modelo y los R<sup>2</sup> alcanzados por las mismas

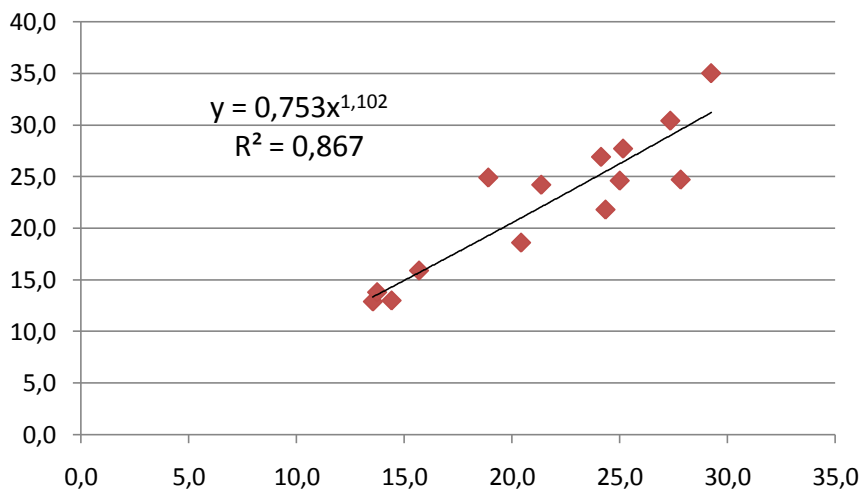
	Bañados Sumampa (Sgo. del Est.)			Laguna Miramar (Cba.)		
	T°	Precip.	Evapot.	T°	Precip.	Evap.
1968	<b>C.1</b> 0,867	<b>C.3</b> 0,728	<b>C.7</b> 0,646	<b>C.2</b> 0,941	<b>C.5</b> 0,800	<b>C.9</b> <b>0,004</b>
...						
...						
2000		<b>C.4</b> 0,401	<b>C.8</b> 0,610		<b>C.6</b> 0,715	<b>C.10</b> 0,656
2001						
...						
...						
2011						

**Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita**

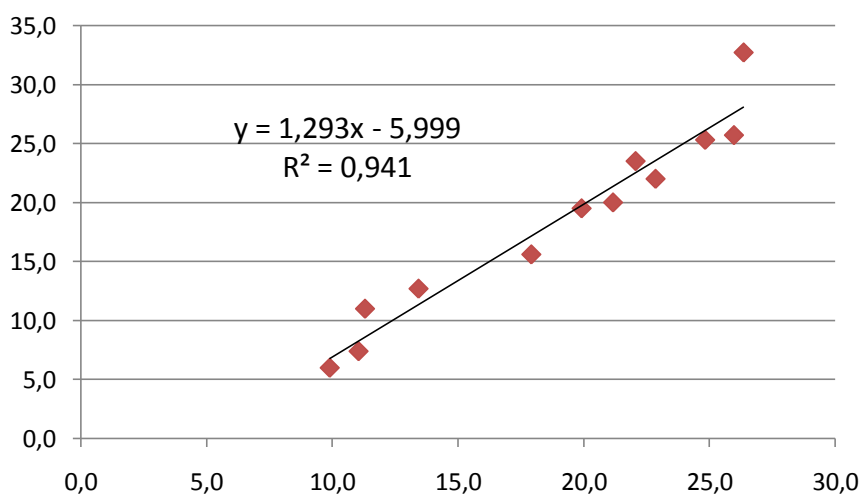
UNC | FCFyN | Ingeniería Civil

**2.7.1 Correlaciones de Temperatura**

Se utilizó una única función de aproximación para todo el período analizado en cada caso (Laguna y Bañados). En las Figuras 2.16 y 2.17 se muestran las nubes de puntos y las funciones de aproximación correspondientes. Se indica en dichos gráficos el sub-período utilizado en cada caso (Seleccionadas consistentemente a las series de datos completas o de mejor calidad).



**Figura 2.16** Correlación (C.1) [ mar-04 : abr-05 ] Temperaturas medias de Santiago (SMN, 2014) y Sumampa (Plencovich, 2011)



**Figura 2.17** Correlación (C.2) [ ene-07 ; dic-07 ] Temperaturas medias de Ceres (SMN, 2014) y Miramar (Michelutti, ene.2005-dic.2012)

**Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita**

UNC | FCEfYn | Ingeniería Civil

**2.7.2 Correlaciones de Precipitación**

Tanto para el caso de los bañados (Sumampa) como para el de la laguna (Miramar) se utiliza una función de aproximación para el período 1968-2000 (Período Trimestral) y otra para el período 2001-2011 (Período Mensual).

En las Figuras 2.18, 2.19, 2.20 y 2.21 se muestran las nubes de puntos y las funciones de aproximación correspondientes. Se indica en dichos gráficos el sub-período utilizado en cada caso (Seleccionadas consistentemente a las series de datos completas o de mejor calidad).

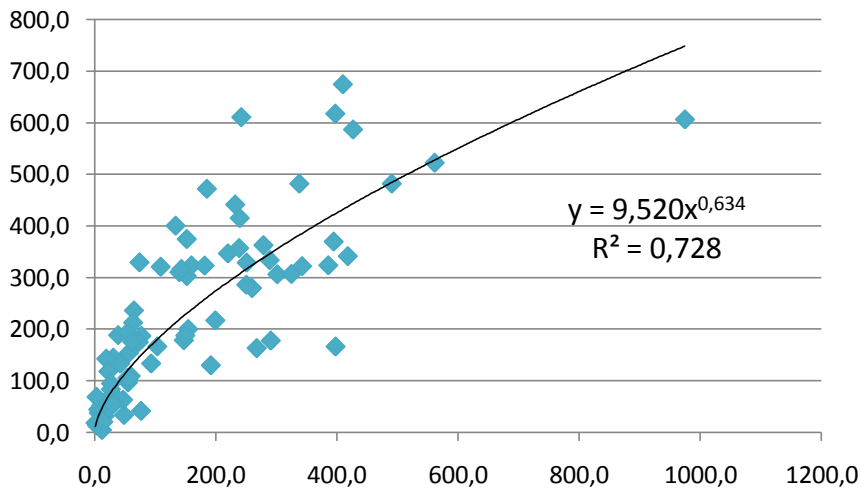


Figura 2.18 Correlación (C.3) [ 1970 : 1997 ] Precipitación Santiago (SMN, 2014) y Sumampa (Plencovich, 2011)

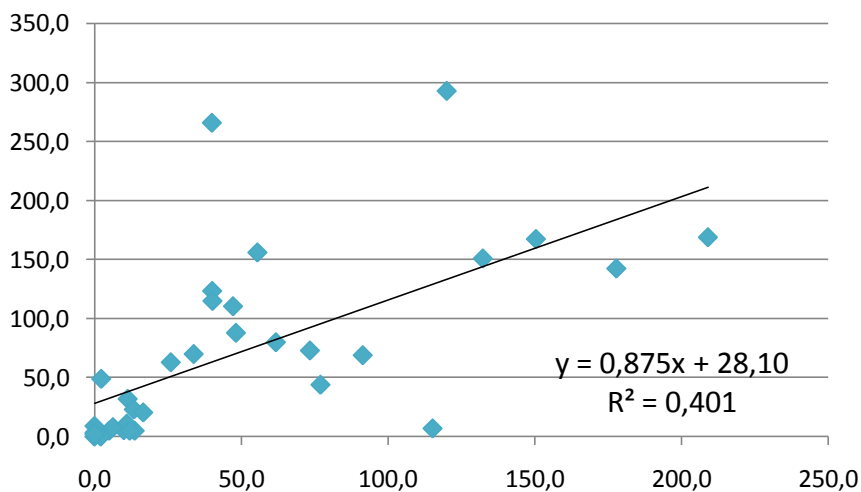


Figura 2.19 Correlación (C.4) [ oct-02 : jun-05 ] Precipitación Santiago (SMN, 2014) y Sumampa (Plencovich, 2011)



## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEyN | Ingeniería Civil

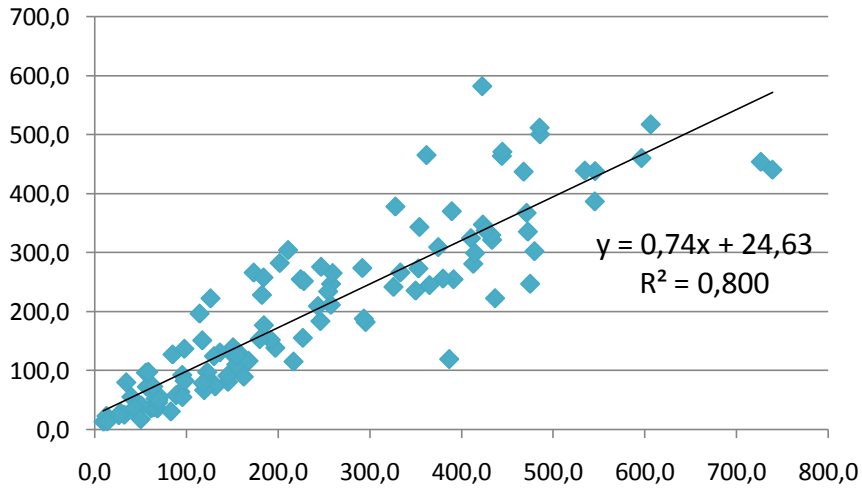


Figura 2.20 Correlación (C.5) [ mar-70 ; jun-97 ] Precipitación Ceres (SMN, 2014) y Miramar (Plencovich, 2011)

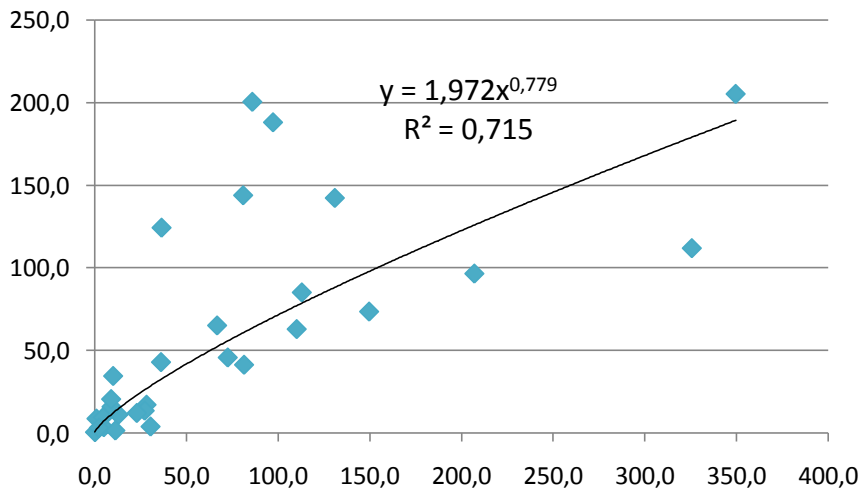


Figura 2.21 Correlación (C.6) [ ene-03 ; oct-05 ] Precipitación Ceres (SMN, 2014) y Miramar (Plencovich, 2011)

**Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita**

UNC | FCFyN | Ingeniería Civil

**2.7.3 Correlaciones de Evaporación**

Tanto para el caso de los bañados (Sumampa) como para el de la laguna (Miramar) se utiliza una función de aproximación para el período 1968-2000 (Período Trimestral) y otra para el período 2001-2011 (Período Mensual).

En las Figuras 2.22, 2.23, 2.24 y 2.25 se muestran las nubes de puntos y las funciones de aproximación correspondientes. Se indica en dichos gráficos el sub-período utilizado en cada caso (Seleccionadas consistentemente a las series de datos completas o de mejor calidad).

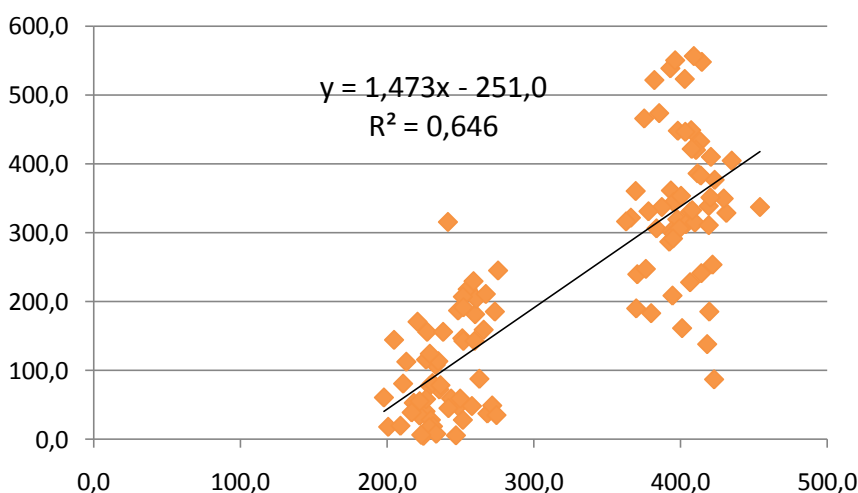


Figura 2.22 Correlación (C.7) [ mar-70 : dic-97 ] Evaporación Sumampa Medida (Plencovich, 2011) y Calculada por Thornthwaite

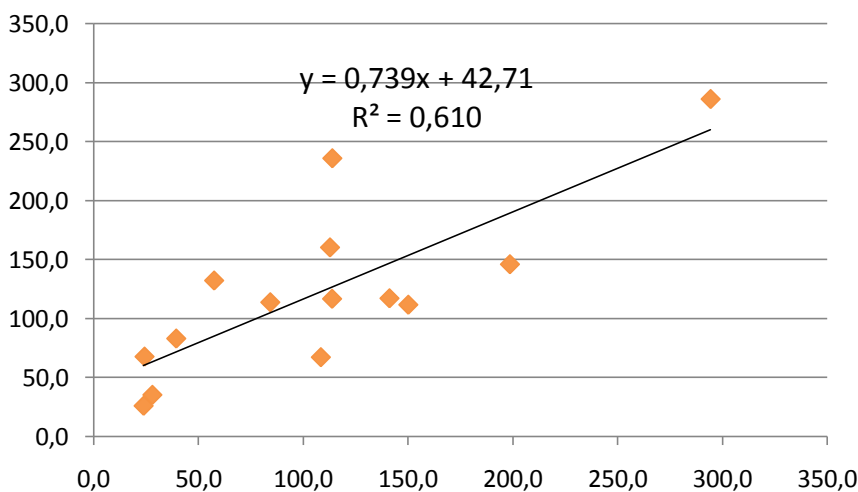


Figura 2.23 Correlación (C.8) [ mar-04 : abr-05 ] Evaporación Sumampa Medida (Plencovich, 2011) y Calculada por Thornthwaite

**Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita**

UNC | FCFyN | Ingeniería Civil

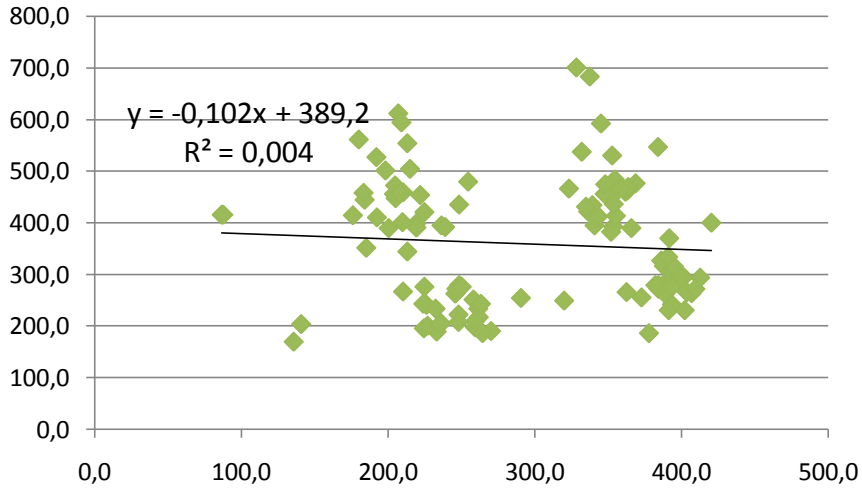


Figura 2.24 Correlación (C.9) [ mar-70 : dic-97 ] Evaporación Miramar Medida (Plencovich, 2011) y Calculada por Thornthwaite

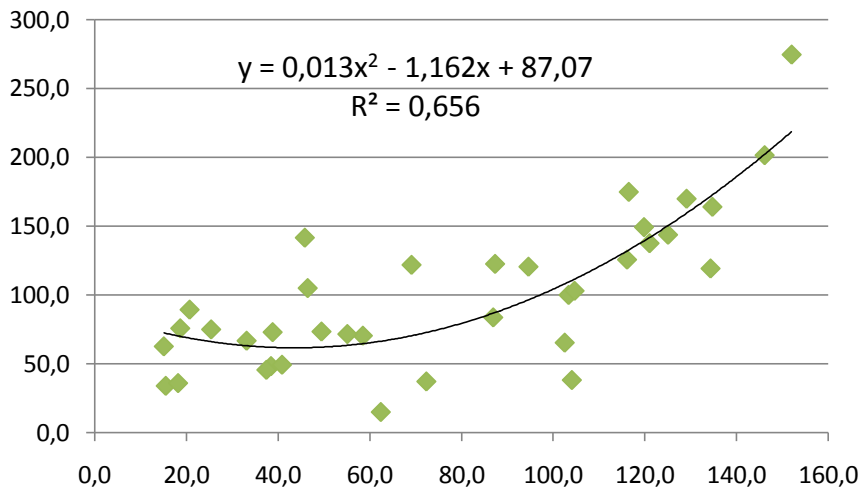


Figura 2.25 Correlación (C.10) [ mar-01 : feb-04 ] Evaporación Miramar Medida (Plencovich, 2011) y Calculada por Thornthwaite

## 2.8 ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El duro clima de este ecosistema destruye a velocidades muy altas casi todos los instrumentales y soportes de medición, incrementando los costos con su reposición reiterada. Ejemplo de esto son: el antiguo caño del limnómetro de la provincia (Figura 2.26); así como los Tanques evaporímetros de Sumampa y Miramar (Plencovich, 2011); o cuando en Paso de la Cina, se consultó a un poblador sobre **registros pluviométricos** que solía realizar e informó que no poseía instrumental ya que siendo plástico se había destruido por la inclemencia climática del lugar (por lo que desde hacía varios años que no se cuentan más con esos registros de Paso de la Cina).

Todo esto complica la obtención de datos meteorológicos y monitoreo de caudales de forma fiable y continua. Complicando así el estudio de este sistema por ser un obstáculo a sortear para la mejora y optimización de los modelos matemáticos asociados a este sistema.



**Figura 2.26** Caja de un limnómetro ya en desuso todo herrumbrado producto del severo clima

La magnitud del sistema de la laguna Mar Chiquita y sus bañados es realmente apreciable cuando uno recorre kilómetros en ella (y solo se trata de un pequeño sector). Un dato que hace tomar una idea de esa dimensión, es que la crecida del río Dulce toma hasta 5 meses en llegar a apreciarse en la costa sur de la laguna.

El resultado final de procesar e incorporar datos meteorológicos a las series existentes del Laboratorio de Hidráulica se resumen gráficamente en la Figura 2.27. Se pueden apreciar todas las series faltantes con datos medidos dentro del sistema y que fueron completados con los datos brindados por el SMN de sus estaciones de Ceres (Santa Fe) y Santiago del Estero (Santiago del Estero).

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfYN | Ingeniería Civil

Las series de datos hidrometeorológicos resultantes son, para el caso del sector de la laguna Mar Chiquita:

- La base de datos de Miramar en términos de Precipitación, fue actualizado y actualmente cubre el período [1968-1977, 2002-2009 y 2010-2012]. Para el caso de Temperaturas media el periodo sigue siendo [1968-1977] y [2002-2005], con la incorporación del año [2007] y el período [2008-2010] que cuenta con un 50% de datos.
- A los fines de aplicar el modelo, debido a que la serie de datos de Miramar contenía datos faltantes, se completo la misma utilizando datos de la estación Ceres (Santa Fe) provistas por el SMN.
- La serie de datos para Miramar [1999-2011] está compuesta entonces en parte por un tramo intermedio proveniente de la serie de datos procesada [2006-2011], la serie final de (Plencovich, 2011) y los tramos restantes [1999-2002 y 2005-2011] con los datos obtenidos de la estación Ceres (también ajustados por función de correlación con las series existentes de Miramar).

Y para el caso de los bañados del río Dulce:

- La base de datos de Sumampa en términos de Precipitación y Temperaturas media, sigue abarcando el periodo original de [1968-1977] y [2002-2005], ya que no se encontraron ni se pudieron procesar nuevos datos meteorológicos.
- Por ese motivo y a los fines de evaluar el funcionamiento del modelo, se completo la serie de Sumampa (Bañados del río Dulce) utilizando datos provenientes de la única estación más cercana a los bañados de la cual se disponía de datos, estación Santiago del Estero (Capital), también provista por el SMN.
- La serie de datos final utilizada para Sumampa [1999-2011] está compuesta entonces por la serie de datos final de (Plencovich, 2011) y los tramos restantes [1999-2002 y 2005-2011] con los datos obtenidos de la estación Santiago del Estero (ajustados por función de correlación con las series existentes disponibles).

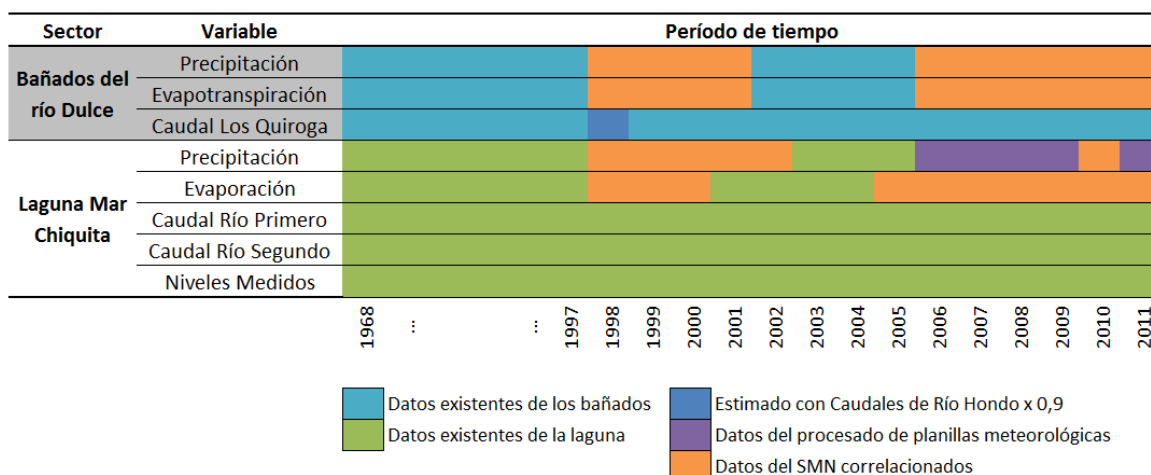


Figura 2.27 Esquematación gráfica de las variables hidrometeorológicas del sistema, períodos de datos disponibles, períodos conseguidos por procesado de planillas y períodos estimados con datos brindados por el SMN



## **Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita**

---

UNC | FCEfN | Ingeniería Civil

La disparidad y falta de un vínculo estrecho entre los picos máximos y mínimos de cada variable meteorológica comparada, sumado a grandes dispersiones de los mismos, no permitió lograr óptimas funciones de correlación que representen con gran fidelidad el fenómeno local buscado. Esto dejó en evidencia una leve separación de los fenómenos meteorológicos que ocurren dentro del sistema, de los que ocurren por fuera de él.

## CAPÍTULO 3: MODELO HIDROLÓGICO LAMBDA

### 3.1 ANTECEDENTES DE MODELACIÓN DEL SISTEMA

Los modelos hidrológicos numéricos constituyen una representación matemática de los procesos hidrológicos presentes en un sistema real. La importancia de la creación de los modelos matemáticos es que permiten realizar simulaciones, es decir, conociendo las ecuaciones que relacionan los diferentes componentes del sistema hidrológico se puede simular su funcionamiento, analizar los resultados y así entender su comportamiento. Además, permiten evaluar hipótesis de nuevos escenarios climáticos para el manejo del medio.

Aunque el concepto de balance hídrico es simple, elaborar modelos matemáticos que lo reflejen no resulta fácil, en especial para simular sistemas de gran escala como es el caso del sistema Bañados del Río Dulce – Laguna Mar Chiquita, debido a que existen numerosas variables que definen su comportamiento hidrológico, algunas de estas difíciles de cuantificar.

Estos modelos necesitan ser nutridos con series de datos hidrometeorológicos que necesariamente deben ser medidos in-situ y a su vez es necesario poder contrastar los resultados obtenidos del modelo con datos reales.

A partir del año 1990 comienza el desarrollo de los modelos hidrológicos aplicados al sistema Mar Chiquita, el primer algoritmo fue llamado LAMBDA 0 (Laguna y sus Asociaciones: Modelo de Balance Dulce - Ansenúza). Este modelo consistió básicamente en un balance de “caja” entre el agua que entra y el agua que sale del sistema por unidad de tiempo, desarrollado a partir de datos climáticos e hidrológicos disponibles para el período estudiado entre los años 1967–1987 e intervalo anual.

Las distintas versiones del mismo resultaron siempre mejoradoras de la versión anterior, ampliando el período, reduciendo los intervalos y aumentando el número de variables y la precisión de los resultados.

El modelo LAMBDA 0 fue escrito originalmente en el lenguaje de alto nivel FORTRAN 77, luego recompilado a FORTRAN 95 y en sus últimas versiones fue adaptado al lenguaje dirigido a eventos MS Visual Basic para funcionar en las Macros de Microsoft Excel, dejando de ser un programa independiente para ser macroinstrucciones de ejecución secuencial y parte de un mismo archivo que contiene la Base de Datos hidrometeorológica para correr el modelo. Es por esta razón (donde el código es visible y no se encuentra compilado) junto a que se originó en el ámbito científico-académico de la Universidad Nacional de Córdoba que se trata de un código fuente abierto de licencia libre.

A continuación se hace un recorrido por las principales características y simplificaciones utilizadas en las diversas versiones del modelo LAMBDA. Al finalizar las mismas en la Tabla 3.1 se expone sintéticamente algunas características principales de cada uno y las variaciones producidas.

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfYN | Ingeniería Civil

El modelo **LAMBDA 0** (ELTECH, 1990) planteaba un balance hídrico sólo en la Laguna Mar Chiquita. Este modelo consideraba los aporte de los ríos tributarios principales a la Laguna (ríos Dulce, Suquía y Xanaes), obtenidos a partir de niveles observados en secciones de control próximas a la desembocadura de cada tributario. Los caudales del río Dulce en Paso de la Cina (QPC), se calcularon por regresión múltiple con los caudales erogados en Los Quiroga, con un retardo de 30 y 60 días, ajustados con datos de aforos y niveles en Paso de la Cina.

La Precipitación pluvial sobre la Laguna fue calculada como la media a partir de tres polígonos de Thiessen ponderada para un nivel fijo de Laguna (adoptando el nivel medio del periodo simulado). Las series utilizadas correspondieron a las estaciones de Morteros, Marull, Miramar, Balnearia, La Rinconada y El Mistolar.

La Evaporación en la Laguna fue calculada a partir de correlaciones entre mediciones existentes en Miramar y datos de temperaturas medias mensuales.

El Volumen de agua en la Laguna Mar Chiquita se calculo considerando variaciones de niveles en Miramar y batimetría realizada por el CIHRSA entre cotas 66 y 71 msnm. En este modelo se consideró la ecuación de balance de masa sólo para la Laguna, siguiendo la forma:

$$\Delta V = (Q_i + Q_e) \cdot \Delta t \quad (\text{Ec. 3.1})$$

Donde: **Q<sub>i</sub>** es el Caudal que ingresa al sistema, **Q<sub>e</sub>** el Caudal que egresa del sistema, **ΔV** la Variación de volúmenes y **Δt** la Variación de tiempo.

El modelo **LAMBDA 1** (UNC, 1998) planteó, también, un balance hídrico sólo en la Laguna Mar Chiquita pero teniendo en cuenta los Bañados en forma simplificada constante. Este modelo consideraba aportes de los ríos tributarios principales a la Laguna (ríos Dulce, Suquía y Xanaes). Los caudales en los ríos Suquía y Xanaes, se calcularon por regresión múltiple entre los caudales resultantes de series de niveles diarios observados en las estaciones de Río Suquía (Suquía) y Campo Plujunta (Xanaes), caudales observados aguas arriba y precipitaciones en la cuenca media y baja. En el río Dulce, se completaron los datos de descargas en Río Hondo en la serie disponible y se incorporaron datos diarios y mensuales en Los Quiroga.

La precipitación fue ponderada sobre la Laguna en función del nivel y considerando seis sectores cardinales (N-E-SE-S-SW-W), a partir de 20 estaciones de medición.

La evaporación en la Laguna fue calculada a partir de predictores, calibrados con valores medidos en Miramar. Dicha serie definitiva se corrigió por salinidad mediante funciones empíricas de Salinidad - Volumen. La evapotranspiración en los Bañados se calculó mediante la fórmula de Blaney-Cridley.

Se determinó el volumen de agua en la Laguna Mar Chiquita con la ecuación de balance de masa para la Laguna considera la presencia de los Bañados en forma simplificada donde se incorpora una función empírica del área de Bañados obtenida por correlación múltiple entre los caudales desbordados del río Dulce, niveles de la Laguna y precipitación.

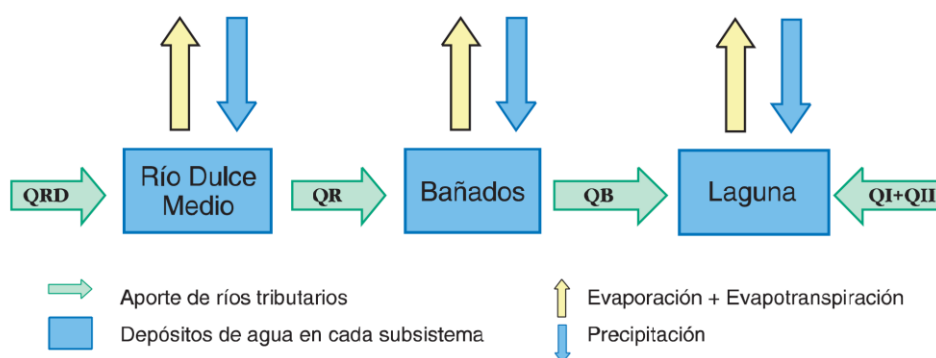
El área de la laguna se calculó a partir de niveles medidos en diversas fuentes, cubriendo el período 1967-1997 y funciones geométricas de la Laguna recalculadas a partir de las batimetrías del CIHRSA (1976) y 6 imágenes satelitales, extendiendo y mejorando su rango de precisión, incluyendo la máxima cota registrada en el periodo de análisis de 71,4 msnm en Junio de 1987.

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfYN | Ingeniería Civil

El modelo **LAMBDA 2** (Hillman, 2003) planteó el sistema dividido en tres subsistemas (Laguna – Bañados – Río), esquemáticamente representado en la Figura 3.1.

Se presenta como eje central el balance hídrico del sector sur, en la Laguna Mar Chiquita. Este modelo consideró los aportes de los ríos tributarios principales (ríos Dulce, Suquía y Xanaes). Los caudales en el río Suquía y Xanaes, fueron los utilizados en Lambda 1.



**Figura 3.1** Diagrama esquemático de los principales componentes del sistema modelado. QRD: aporte del río Dulce; QR: aporte del río Dulce en el ingreso a los Bañados; QB: aporte de los Bañados del río Dulce; QI+QII: aportes de los ríos Primero y Segundo. (Rodríguez, y otros, 2006)

Con los caudales del río Dulce, se realizó un análisis de las series existentes de las secciones ubicadas aguas abajo de Río Hondo, incorporándose datos diarios que permitieron cuantificar en forma preliminar el amortiguamiento y el traslado que sufren los hidrogramas al transitar por el río y los Bañados hasta el ingreso a la Laguna Mar Chiquita.

La precipitación pluvial sobre la Laguna, los Bañados y la región media del río Dulce aguas abajo de Río Hondo fue ponderada por el método de Thiessen en cada sector analizado. La precipitación ponderada en el perímetro lagunar en función del nivel de la misma se consideró como promedio de 23 estaciones agrupadas en ocho sectores cardinales (N-NE-E-SE-S-SW-WNW)

La evaporación y evapotranspiración en la Laguna y los Bañados respectivamente se calcularon con dos series de evaporación a partir de predictores calibrados con valores medidos en Miramar y La Rinconada, ubicadas en el subsistema Laguna. La serie definitiva se calculó a partir de una combinación de ambas series en función del área de la Laguna con coeficientes de ponderación variables y se corrigió por salinidad mediante funciones empíricas relacionadas con el volumen de la Laguna. En la zona de Bañados se calcularon series teóricas en los mismos sectores definidos para la precipitación.

El volumen de agua en la Laguna Mar Chiquita se refleja en un nivel (cota) del lago y el grado de salinidad de sus aguas asociado. La ecuación de balance de masa para la Laguna, considera la presencia de los bañados regulando los caudales que ingresan el subsistema sur.

Se utilizaron los niveles de la Laguna diarios del modelo Lambda 1, con los cuales se corrigieron y completaron los valores mensuales necesarios. Se realizó un análisis multitemporal a partir de la incorporación y el análisis de nuevas imágenes satelitales (LANDSAT 5 y 7), definiendo nuevas funciones matemáticas entre las áreas medidas, los niveles y la batimetría de la Laguna. Esto

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfYn | Ingeniería Civil

permitió corregir las funciones geométricas calculadas en el modelo Lambda 1, incorporando 8 planos batimétricos adicionales.

**Tabla 3.1** Resumen de las versiones del modelo LAMBDA y sus principales modificaciones

Modelo	Período y Paso	Sistemas	Variables	Balance
<b>LAMBDA 0</b> (ELTECH, 1990)	<b>1967-1987</b> Anual	Laguna	Q.Dulce, Q.Suquía, Q.Xanaes, P.Laguna, E.Laguna	$\Delta V = (Q_e + Q_s) \cdot \Delta t$
<b>LAMBDA 1</b> (UNC, 1998)	<b>1967-1997</b> Semestral	Laguna y Bañado (simplificado)	Ídem $\lambda_0$ + corrección por salinidad	$\Delta V = Q_e \cdot \Delta t + A_L \cdot (P_L - E_L) \cdot \Delta t + A_B \cdot (P_B - ET_B) \cdot \Delta t - Q_s \cdot \Delta t$
<b>LAMBDA 2</b> (Hillman, 2003)	<b>1967-1997</b> Sem/Trimestral	Laguna, Bañados y Río	Ídem $\lambda_1$ + P.RíoHondo, P.Bañados, ET.Bañados	$\Delta V = Q_e \cdot \Delta t + A_L \cdot (P - E) \cdot \Delta t - Q_s \cdot \Delta t$
<b>LAMBDA3</b> (Plencovich, 2011)	<b>1967-1997</b> Trimestral <b>2002-2005</b> Mensual	Bañados y Laguna (Acoplados)	Ídem $\lambda_1$ + P.Bañados ET.Bañados	$Q_{s_B} = QLQ \cdot cp + [Vid_B + (Af_B + Ai_B) / 2 \cdot (P_B - E_B) - Vfd_B] / \Delta t$ $A_B = 345,39 \cdot \ln((QLQ - 90) \cdot \Delta t) + 251,84$
<b>LAMBDA 3.1</b>	<b>1968-2000</b> Trimestral <b>2001-2011</b> Mensual	Ídem $\lambda_3$	Ídem $\lambda_3$	Ídem $\lambda_3$

Donde: **Q** es Caudal, **P** es Precipitaciones, **E** es Evaporación, **ET** es Evapotranspiración, **LQ** es Los Quiroga, **cp** es Coeficiente de pérdidas, **A** es Área, **V** es Volumen, **t** es Tiempo; y los subíndices: **B** es Bañados, **L** es Laguna, **i** es Inicial, **f** es Final, **e** es Entrada y **s** es Salida.



## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfYn | Ingeniería Civil

### 3.2 EL MODELO LAMBDA 3

Esta es la versión más actual del modelo LAMBDA y sobre la que se trabajó en esta práctica supervisada, el cual es la primera versión que considera el sistema Bañados del Río Dulce – Laguna Mar Chiquita como dos subsistemas acoplados. En este modelo se propone calcular en primera instancia el balance en los Bañados obteniendo como resultado una serie de caudales salientes de este sector que luego son incorporados al balance hidrológico de la Laguna. La variable de control de esta modelación resulta el cálculo de los niveles en la Laguna que se comparan con valores medidos en la localidad de Miramar para los mismos periodos.

Para este modelo se intensificaron los monitoreos de variables hidrometeorológicas en todo el sistema y se utilizaron imágenes satelitales para ampliar la serie de áreas de Bañados y Laguna y se actualizó la batimetría de la Laguna (Plencovich, 2011).

El modelo en conjunto se calibra con los datos de niveles medidos en la costa sur de la Laguna, frente a la localidad de Miramar. El periodo de cálculo para esta modelación es trimestral en el periodo 1967-1997 y mensual en el periodo 2002-2005.

Al igual que en los modelos anteriores no se consideró el flujo subterráneo debido a la falta de datos medidos. Para revertir esta situación en el año 2005 se comenzó a medir el nivel freático en la localidad de Miramar, llegando a confirmarse que la infiltración de la laguna Mar Chiquita es menor a 1%, ratificándose de esta forma la característica de impermeable de su lecho.

#### 3.2.1 El Subsistema Bañados

El balance hídrico en el subsistema Bañados plantea como variables de entrada las áreas de bañados, la precipitación y la evaporación en la zona y los caudales en el Dique Los Quiroga. La formulación matemática para expresar el caudal en la zona de los bañados que será la variable de salida de este subsistema y variable de entrada del subsistema laguna es la siguiente:

$$Qsb = LQc \cdot cp + \left( Vid_b - Vf d_b + \frac{(Afb + Aib)}{2} \cdot (P_b - E_b) \right) / \Delta t \quad (\text{Ec. 3.2})$$

Donde: **Qsb** es el Caudal salida Bañados [ $m^3/s$ ], **Vidb** es el Volumen inicial desborde Bañados [ $m^3$ ], **Vfdb** es el Volumen final desborde Bañados [ $m^3$ ], **Aib** es el Área inicial Bañados [ $m^2$ ], **Afb** es el Área final Bañados [ $m^2$ ], **Pb** es la Precipitación Bañados [ $mm$ ], **Eb** es la Evaporación Bañados [ $mm$ ], **LQc** es el caudal en el Dique Los Quiroga [ $m^3/s$ ], **cp** coeficiente de perdidas [adimensional] (Plencovich, 2011)

Para cada intervalo de tiempo (trimestral) el modelo parte del caudal erogado por el Dique Los Quiroga, verifica si este es menor a  $90 m^3/s$  (caudal de desborde del río Dulce) entonces considera el área mínima de bañados ( $325 m^3/s$ ) y si es mayor a  $90 m^3/s$ , se estima el área de bañado a través de una ecuación que relaciona volúmenes desbordados con áreas de bañados la cual es igual a:

$$Ab = 345,39 \cdot \ln((LQ - 90) \cdot \Delta t) + 251,84 \quad (\text{Ec. 3.3})$$

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEFyN | Ingeniería Civil

Donde: **Ab** es igual a áreas de bañados y **LQ** es el caudal en el Dique Los Quiroga. (Plencovich, 2011)

La relación  $(LQ-90) \cdot \Delta t$  representa el volumen desbordado en los Bañados. En el caso de que los caudales erogados en Los Quiroga sea menor que  $90 \text{ m}^3/\text{s}$  el volumen desbordado es igual a cero.

El Área inicial de Bañados ( $A_{ib}$ ) y el Volumen inicial de Bañados ( $V_{ib}$ ) se calculan según el procedimiento anterior para un intervalo de caculo  $t-1$  y el área final de Bañados ( $A_{fb}$ ) y volumen final de Bañados ( $V_{fb}$ ) es el correspondiente al tiempo de cálculo  $t$ .

Una vez calculadas las variables anteriores, si la diferencia entre el  $V_{fdb}$  y  $V_{idb}$  es mayor que cero se considera que ese volumen llegó a la Laguna ( $V_{db}$ ) y si esa diferencia es menor a cero el aporte de volumen es igual a cero.

La precipitación y la evaporación son afectadas para obtener unidad de volumen por el promedio del área de bañados de los dos intervalos  $((A_{ib}+A_{fb})/2)$ . El término  $LQ_{cp}$  representa el caudal que solo escurre por el cauce del Río Dulce. Si el caudal de Los Quiroga es mayor a  $90 \text{ m}^3/\text{s}$  el valor de  $LQ_{cp}$  es  $90 \text{ m}^3/\text{s}$  y si es menores igual al caudal erogado en el Dique Los Quiroga. Para representar las perdidas en el cauce debido a extracciones e infiltraciones producidas aguas abajo de Los Quiroga se definió un coeficiente de perdidas designado como  $cp$ .

Con la diferencia entre la precipitación y la evaporación y el procedimiento anterior se calcula  $Q_{sb}$  según la Ecuación 3.2.

### 3.2.2 El Subsistema Laguna

En el balance del subsistema Laguna intervienen las variables: precipitación, evaporación, caudales de Río Suquía, Río Xanaes, caudales salientes de los Bañados (variable  $Q_{sb}$  del subsistema Bañados), las áreas iniciales y finales y el volumen inicial para el intervalo de tiempo considerado en la Laguna Mar Chiquita.

La incógnita planteada en este balance es el volumen final de la Laguna para cada intervalo, calculado según la Ecuación 3.4. Este balance se calibra calculando con el volumen final los niveles asociados a la Laguna y luego se comparan las diferencias con los niveles medidos en la Laguna frente a la reserva de Miramar.

$$V_{fL} = V_{iL} + \frac{(A_{fL} + A_{iL})}{2} \cdot (P_L - E_L) + (RI + RII + Q_{sb}) \cdot \Delta t \quad (\text{Ec. 3.4})$$

$$V_{fL} \rightarrow H_{cal} \quad (\text{Ec. 3.5})$$

Donde: **V<sub>fL</sub>** es el volumen final de la Laguna [ $\text{m}^3$ ], **V<sub>iL</sub>** es el volumen inicial de la Laguna [ $\text{m}^3$ ], **A<sub>fL</sub>** es el Área final Laguna [ $\text{m}^2$ ], **A<sub>iL</sub>** es el Área inicial Laguna [ $\text{m}^2$ ], **P** es la precipitación en la Laguna [ $\text{mm}$ ], **E** es la evaporación en la Laguna [ $\text{mm}$ ], **RI** es el Caudal del río Suquía [ $\text{m}^3/\text{s}$ ], **RII** es el Caudal del río Xanaes [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] y **Q<sub>sb</sub>** es el Caudal saliente de los bañados [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

En la Figura 3.2 se muestra el diagrama de cálculo del subsistema Bañados y en la Figura 3.3 el correspondiente con el subsistema Laguna.

**Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita**

UNC | FCFyN | Ingeniería Civil

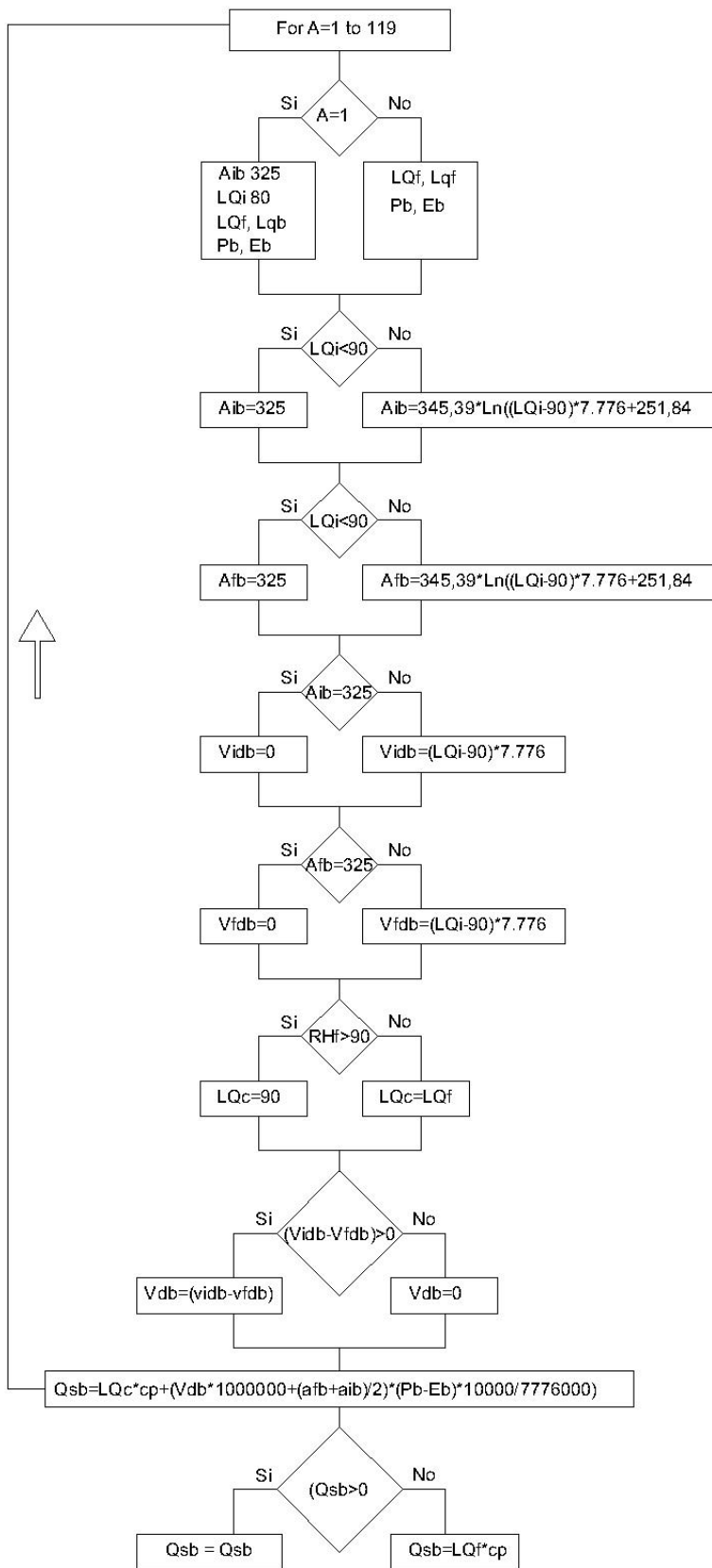


Figura 3.2 Diagrama de flujo (anterior) del cálculo del subsistema Bañados (Plencovich, 2011)

**Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita**

UNC | FCEyN | Ingeniería Civil

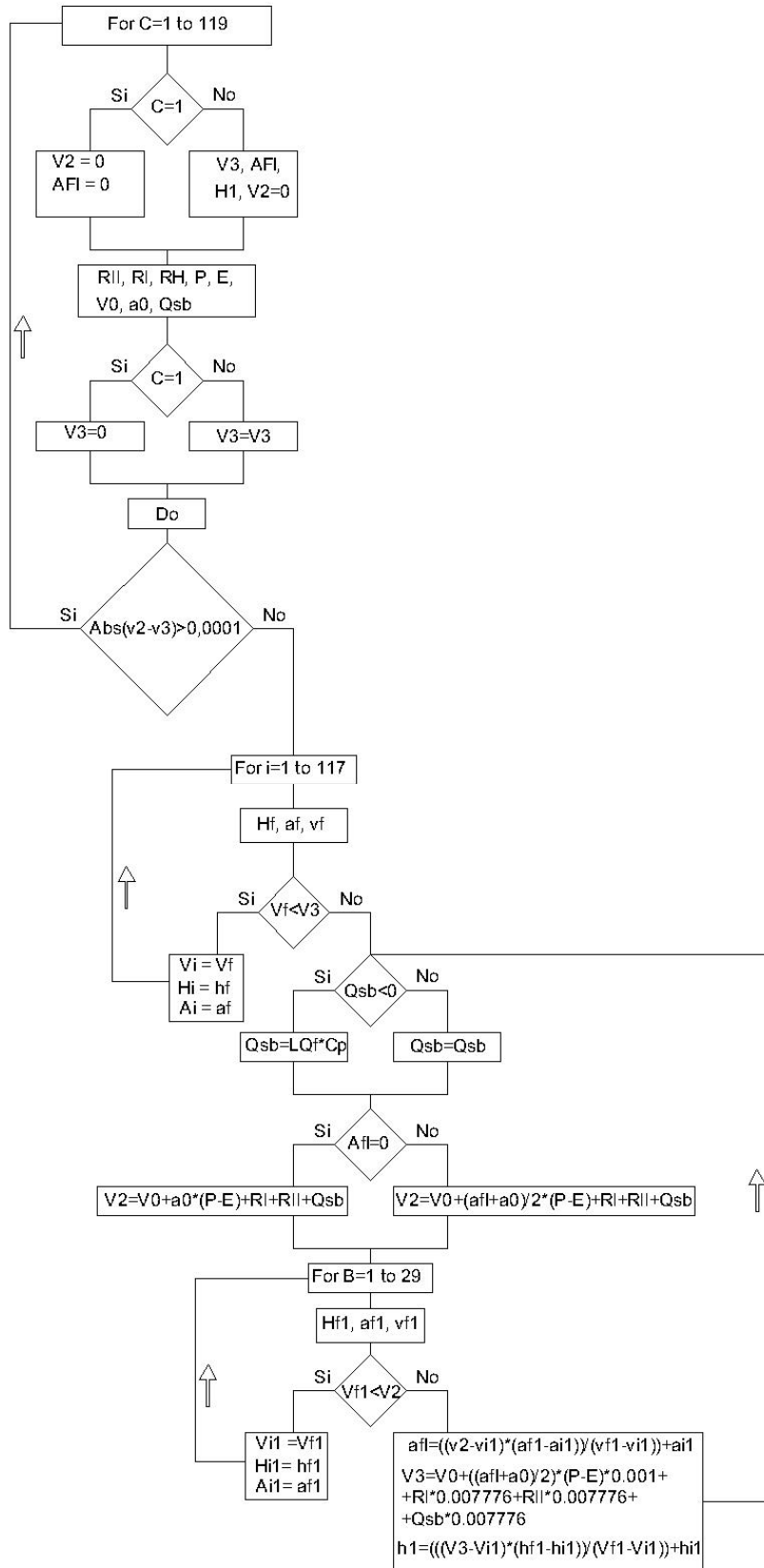


Figura 3.3 Diagrama de flujo de cálculo del subsistema Laguna (Plencovich, 2011)

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCFyN | Ingeniería Civil

### 3.3 APLICACIÓN DE LAS NUEVAS SERIES AL MODELO

El resultado final de aplicar todas las series de datos hidrometeorológicos recopiladas, producidas y procesadas puede apreciarse en el gráfico de la Figura 3.4. Este gráfico es el resultado de combinar en el mismo modelo los períodos [1968-1997] (LAMBDA 3.a), el período [2002-2005] (LAMBDA 3.b), el período intermedios de [1997-2002] y el período de actualización producido de [2005 a 2011].

El proceso interno del modelo está realizado en paso Trimestrales de 1968-2000 y Mensuales de 2001 a 2011, extendido en sí, pero manteniendo el formato anterior.

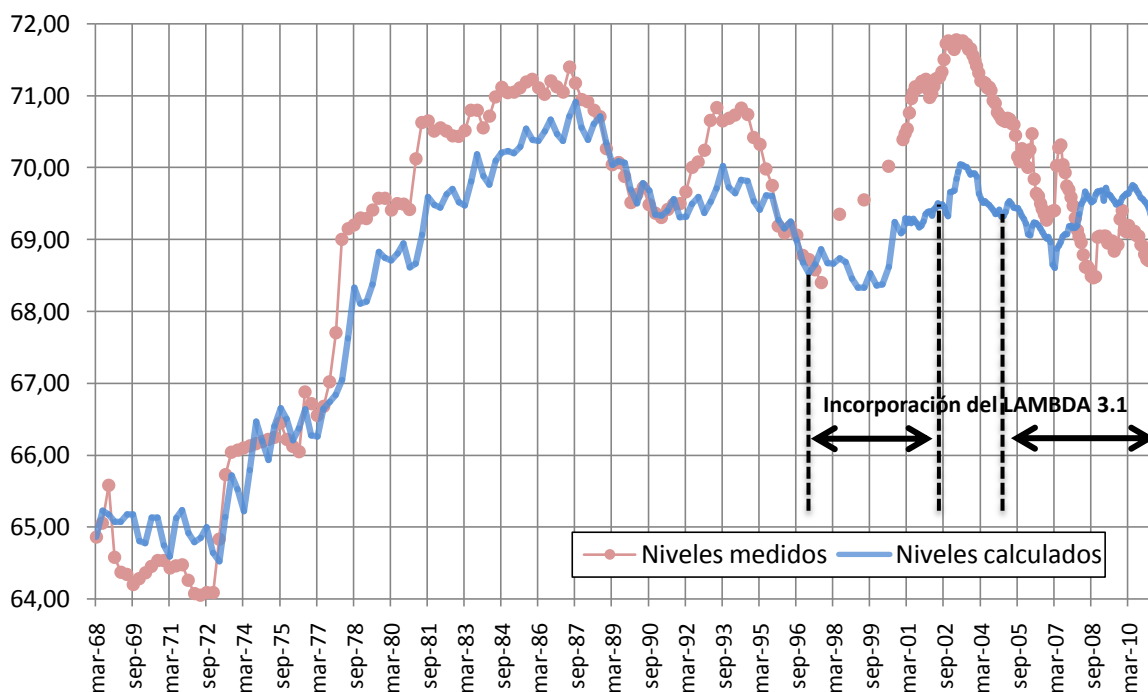


Figura 3.4 Niveles de la laguna Mar Chiquita del modelo LAMBDA 3.1 [msnm]

La curva obtenida no presentó cambios respecto a las obtenidas en el LAMBDA 3, salvo dos excepciones contrastables con los gráficos siguientes:

- En el tramo [1968-1972] la curva se aproxima mejor al comportamiento real de la laguna, cómo puede apreciarse comparando con la Figura 3.5. El cambio es debido a que se utilizó para el modelo la cota inicial de marzo de 1968 (64,86 msnm) y no la anterior de diciembre de 1967 (65,70 msnm). La utilizada es más cercana a las cotas de los años siguientes (64,43 msnm en promedio) y permite que el balance hídrico se ajuste mejor al comportamiento de la laguna.



**Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita**

UNC | FCEyN | Ingeniería Civil

- En el período [2002-2005] conserva la forma de la curva del LAMBDA 3.b (Figura 3.6), pero se desfasa producto del arrastre de las cotas anteriores en el modelado con tiempo continuo.

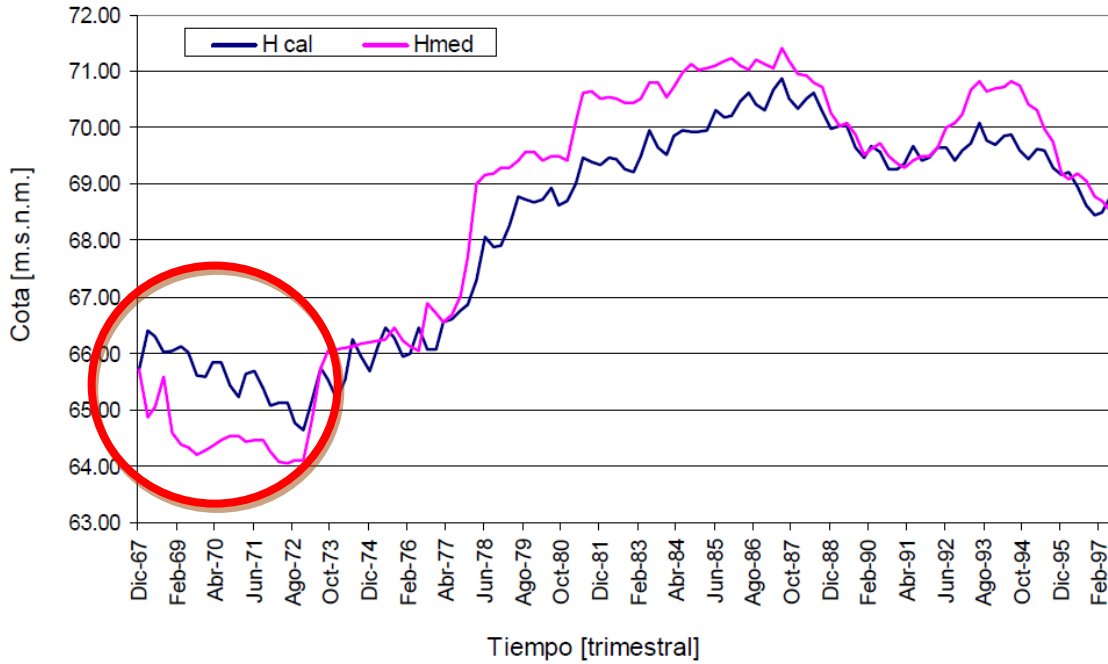


Figura 3.5 Niveles de la laguna Mar Chiquita resultado del modelo LAMBDA 3.a (Plencovich, 2011)

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfN | Ingeniería Civil

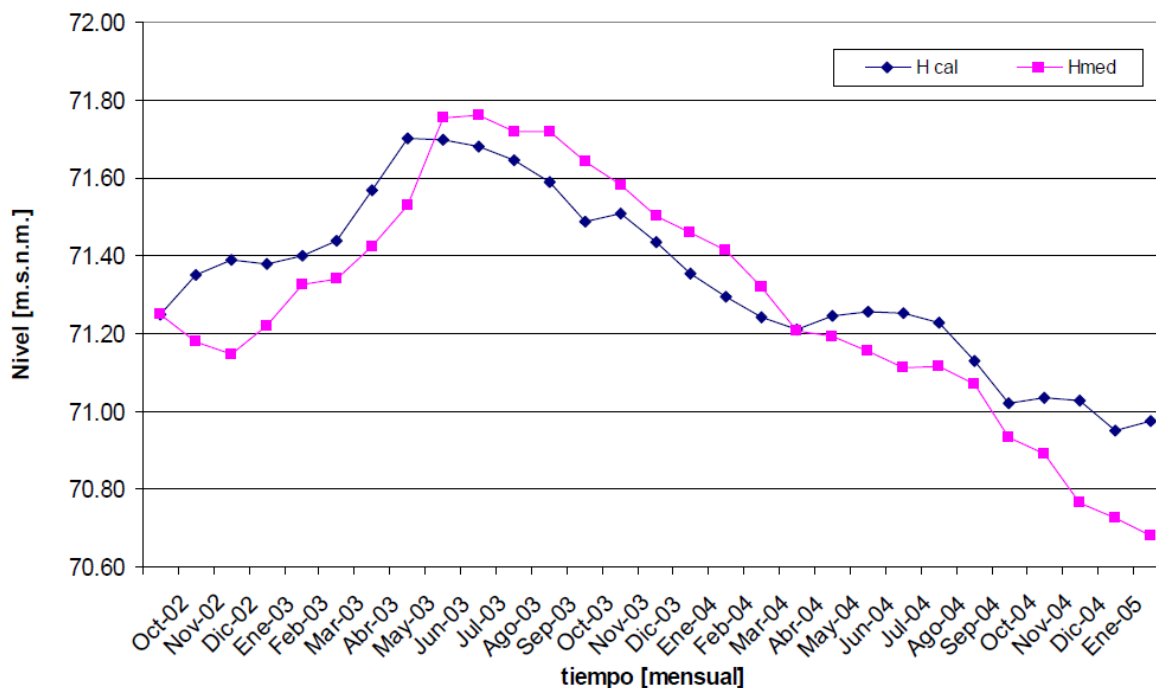


Figura 3.6 Niveles de la laguna Mar Chiquita resultado del modelo LAMBDA 3.b (Plencovich, 2011)

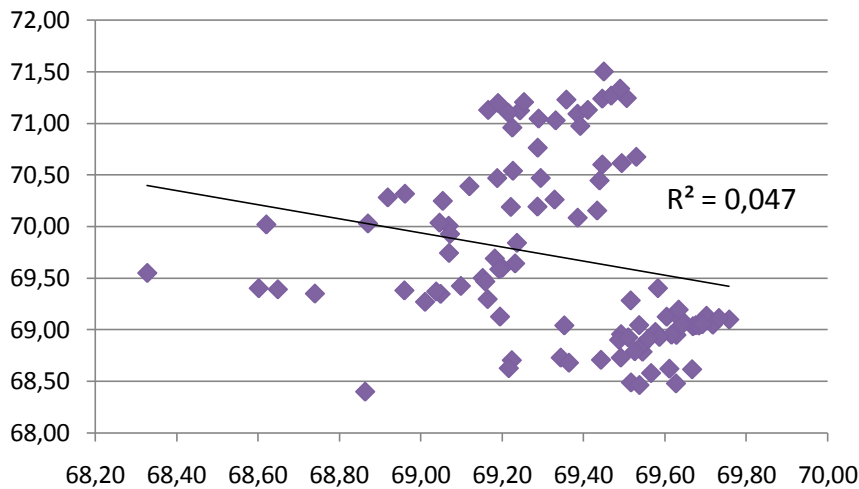
En los nuevos tramos completados, el comportamiento de los niveles calculados se aleja levemente en los períodos [1998-2001] y [2005-2006], pero es una tendencia totalmente contraria a partir del año 2006.

Estos nuevos tramos son los que fueron completados con series de datos provenientes de las correlaciones con las estaciones brindadas por (SMN, 2014). El procesado estadístico de las series de datos con funciones de aproximación (que realizaron ajustes aceptables), no fueron suficientes para acercar el comportamiento de ambos sistemas. Dejando en evidencia absoluta que las condiciones meteorológicas relativamente cercanas no son nada similares a las que suceden dentro del sistema de estudio, ni siguen los mismos patrones o comportamientos (cómo se pudo observar en el subcapítulo “Análisis y comparación de las series de Precipitación y Temperatura”).

Para afirmar lo expuesto en el Figura 3.7, se representó la nube de puntos que relaciona Niveles Medidos y Calculados, del resultado incorporar al LAMBDA 3.1 series de datos externas al sistema y correlacionadas con funciones de aproximación. El resultado es evidente, no existe un comportamiento definible a simple vista y su  $R^2$  es menor a 0,05.

**Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita**

UNC | FCEfyN | Ingeniería Civil



**Figura 3.7** Niveles de la laguna Medidos y Calculados [sep-97 a sep-02] y [may-05 a abr-11]  
Resultados de lo incorporado por LAMBDA 3.1

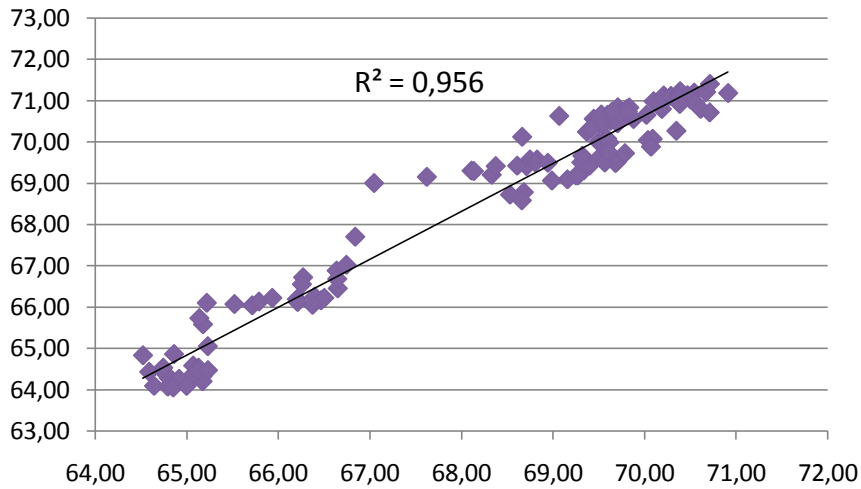
**Concluimos de qué se trata de un sistema con un equilibrio muy delicado, en el cual resulta imposible trasladar condiciones externas al interior del mismo. Esto obliga irrefutablemente a contar con mediciones meteorológicas precisas y medidas dentro del propio sistema hídrico.**

También se realizó un análisis para el caso de los períodos no modificados por incorporación de nuevos datos [1968-1997].

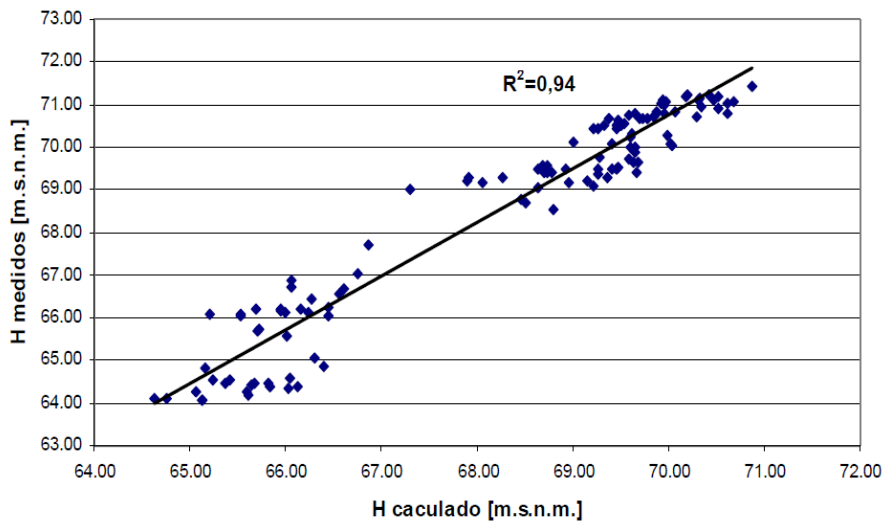
Cómo puede verse en las Figuras 3.8 y 3.9 con las nubes de puntos que relacionan Niveles Medidos y Calculados de los resultados del LAMBDA 3 y 3.1, se mejoró levemente el comportamiento del modelo con respecto al comportamiento del sistema (evidenciado por el aumento del  $R^2 = 0,956 > 0,94$ ). Esto sucedió porque se redujo la brecha en los niveles bajos, por la modificación en la cota inicial.

**Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita**

UNC | FCFyN | Ingeniería Civil



**Figura 3.8** Niveles de la laguna Medidos y Calculados [ene-68 a jun-97]  
Período de tiempo de los resultados del LAMBDA 3.a



**Figura 3.9** Niveles medidos y calculados, resultado del modelo LAMBDA 3.a (Plencovich, 2011)

Por si desea consultarse algún dato utilizado en las mismas: Todas las curvas aquí expuestas se encuentran en la pestaña “**Correlaciones**”, allí sin descripciones ni mayores aclaraciones.

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfYN | Ingeniería Civil

### 3.4 MODIFICACIONES Y ACTUALIZACIÓN DEL MODELO LAMBDA 3

#### 3.4.1 Mejoras en la presentación del modelo

Antes de exponer sobre el trabajo en el código fuente, se comenta que cómo parte del proceso de aprendizaje se realizó un traspaso de las series de datos hidrometeorológicos desde los archivos originales en (Plencovich, 2011) a un único archivo general.

Este hecho de generar un nuevo archivo que contuviera todos los datos hidrometeorológicos no sólo fue un trabajo de organización sistemática de la organización, sino como parte de un proceso natural para combinar en el mismo las series de datos separadas de 1967-1997 y 2002-2005 y ampliarla hasta la fecha actual, esto último tal como fue uno de los objetivos de esta Práctica Supervisada.

Como producto de este proceso se elaboro un tablero-planilla principal de resumen dentro del fichero, donde se pueden observar las principales variables del modelo y los principales datos calculados por el mismo. Esta planilla esquemáticamente está graficada en la Tabla 3.2 y en la Figura 3.11 fue incluida una vista final. Esto permitió un rápido entendimiento de las implicancias de cada variable y posiblemente facilite futuras tareas sobre el modelo. A su vez se realizaron mínimas intervenciones estéticas al archivo final, incorporación de botones, incorporación de comentarios explicativos en las celdas con cabeceras (que solo cuentan con iniciales) y otros detalles previendo personalizaciones y ampliaciones futuras.

Tabla 3.2 Esquema de la planilla principal de MS Excel elaborada para el modelo

BAÑADOS (Sumampa, SDE)						LAGUNA (Miramar, CBA)											
PR	EVPT	QLQ	Vfdb	Ab	Qsb	PR	EV	QRI	QRll	Hmed	VI	Al	Salinidad	FCRS	Hcal	Δh	
[mm]	[mm]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> /s]	[mm]	[mm]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[g/l]	-	[m]	[m]	

Las planillas con cálculos intermedios realizadas en la elaboración de los modelos LAMBDA precedentes fueron excluidas de esta construcción, dejando sólo los mínimos cálculos y estimaciones sobre las series de datos finales. Igualmente esos archivos fueron organizados en las carpetas del informe técnico final y es posible consultarlos. Las series de datos procesadas por esos archivos (ahora independientes) pueden consultarse en los Anexos.

Se incluyó una portada, para la cual se diseño un sencillo logotipo con el objeto de darle una identidad gráfica al modelo. Se logró haciendo una síntesis gráfica del sistema en la geométrica de un hexágono. En el mismo la laguna Mar Chiquita está representada por el trapezoide mayor y el río Dulce por el espacio negativo formado entre las figuras menores. A su vez todo el conjunto fue rotado 120° para simbolizar una minimalista letra griega Lambda minúscula (λ). En las siglas LAMBDA se utilizó la letra griega Lambda mayúscula (Λ) para reemplazar las letras A. Esta portada es apreciable en la Figura 3.10.

# Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfyN | Ingeniería Civil

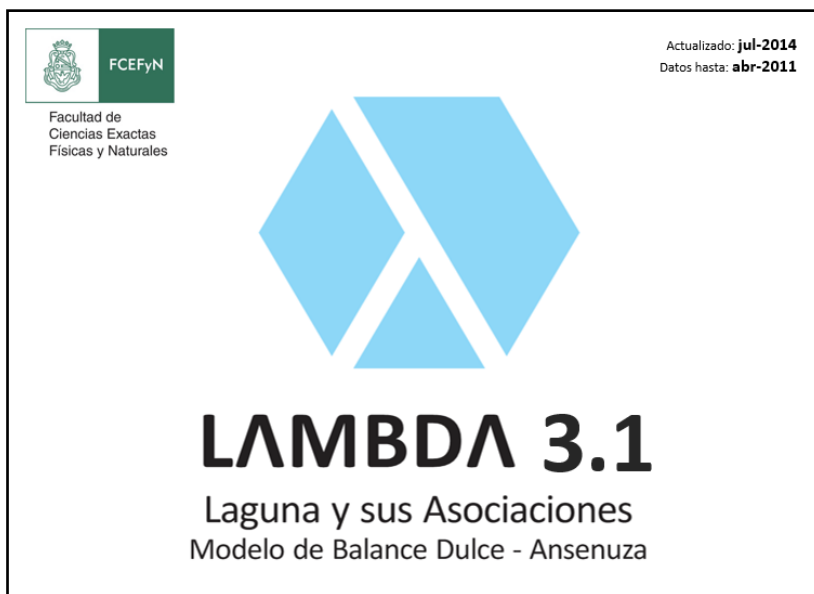


Figura 3.10 Pantalla de la portada generada para el modelo LAMBDA 3.1. Incluye el logotipo realizado para identificar el mismo y un rápido resumen de la fecha de actualización y los datos que dispone

		BAÑADOS (Sumampa, SDE)						LAGUNA (Miramar, CBA)										
	Calcular Nivel	PR [mm]	EVPT [mm]	Q.L.Q. [m³/s]	Vfdb [m²]	Ab [m²]	Qsb [m³/s]	PR [mm]	EV [mm]	Q.R.I. [m³/s]	Q.R.II [m³/s]	VI [m²]	AI [m²]	Salinidad [g/l]	FCRS -	Hmed [m]	Hcal [m]	Δh [m]
6	mar-68	174,1	136,7	93,7				282,9	276,1	12,0	15,5	2,38	1,44	143,2	0,90	64,86	64,86	-
7	jun-68	149,4	198,5	17,1				53,4	213,8	5,7	6,9					65,05		
8	sep-68	281,8	326,1	4,4				93,2	438,6	2,8	3,4					65,58		
9	dic-68	222,6	181,7	56,2				286,0	562,9	11,8	8,2					64,58		
10	mar-69	144,9	130,7	62,9				210,0	352,7	9,6	8,4					64,37		
11	jun-69	189,3	232,3	62,4				72,7	256,1	5,3	3,1					64,34		
12	sep-69	207,6	283,6	27,4				18,4	492,6	1,7	1,8					64,20		
13	dic-69	206,7	191,2	10,0				311,2	468,7	4,9	5,7					64,28		
14	mar-70	306,6	329,2	67,7				378,0	294,5	5,0	14,2					64,36		
15	jun-70	42,2	37,0	68,8				35,5	233,5	2,6	5,2					64,45		
16	sep-70	63,7	72,5	2,5				35,7	504,3	2,0	3,9					64,53		
17	dic-70	179,0	208,8	9,4				196,5	484,0	3,4	7,7					64,53		
18	mar-71	617,6	538,7	87,7				460,1	254,7	5,6	13,6					64,43		
19	jun-71	66,5	81,0	92,5				72,4	203,5	3,1	8,1					64,46		
20	sep-71	32,3	28,4	16,9				37,6	479,8	1,1	5,1					64,47		
21	dic-71	200,6	227,7	2,2				127,1	547,2	7,8	4,8					64,26		
22	mar-72	303,1	350,1	15,8				246,8	294,5	6,7	3,4					64,07		

		BAÑADOS (Sumampa, SDE)						LAGUNA (Miramar, CBA)										
	Calcular Nivel	PR [mm]	EVPT [mm]	Q.L.Q. [m³/s]	Vfdb [m²]	Ab [m²]	Qsb [m³/s]	PR [mm]	EV [mm]	Q.R.I. [m³/s]	Q.R.II [m³/s]	VI [m²]	AI [m²]	Salinidad [g/l]	FCRS -	Hmed [m]	Hcal [m]	Δh [m]
6	mar-68	174,1	136,7	93,7	28,8	1412,1	39,28	282,9	276,1	12,0	15,5	2,38	1,44	143,2	0,90	64,86	64,86	0,00
7	jun-68	149,4	198,5	17,1	0,0	325,0	4,88	53,4	213,8	5,7	6,9	2,95	1,56	123,6	0,91	65,05	65,23	0,18
8	sep-68	281,8	326,1	4,4	0,0	325,0	-0,14	93,2	438,6	2,8	3,4	2,86	1,54	126,3	0,91	65,58	65,18	0,40
9	dic-68	222,6	181,7	56,2	0,0	325,0	23,61	286,0	562,9	11,8	8,2	2,70	1,51	131,8	0,91	64,58	65,07	0,49
10	mar-69	144,9	130,7	62,9	0,0	325,0	25,12	210,0	352,7	9,6	8,4	2,70	1,51	131,8	0,91	64,37	65,07	0,70
11	jun-69	189,3	232,3	62,4	0,0	325,0	22,55	72,7	256,1	5,3	3,1	2,86	1,54	126,3	0,91	64,34	65,18	0,84
12	sep-69	207,6	283,6	27,4	0,0	325,0	7,53	18,4	492,6	1,7	1,8	2,85	1,54	126,6	0,91	64,20	65,17	0,97
13	dic-69	206,7	191,2	10,0	0,0	325,0	4,53	311,2	468,7	4,9	5,7	2,31	1,43	145,9	0,90	64,28	64,80	0,52
14	mar-70	306,6	329,2	67,7	0,0	325,0	25,46	378,0	294,5	5,0	14,2	2,27	1,42	147,3	0,90	64,36	64,78	0,41
15	jun-70	42,2	37,0	68,8	0,0	325,0	27,03	35,5	233,5	2,6	5,2	2,78	1,53	128,9	0,91	64,45	65,13	0,68
16	sep-70	63,7	72,5	2,5	0,0	325,0	0,59	35,7	504,3	2,0	3,9	2,78	1,53	128,9	0,91	64,53	65,13	0,60
17	dic-70	179,0	208,8	9,4	0,0	325,0	2,44	196,5	484,0	3,4	7,7	2,22	1,41	149,3	0,90	64,53	64,74	0,21
18	mar-71	617,6	538,7	87,7	0,0	325,0	37,51	460,1	254,7	5,6	13,6	2,00	1,37	158,4	0,89	64,43	64,59	0,16
19	jun-71	66,5	81,0	92,5	19,2	1272,8	33,61	72,4	203,5	3,1	8,1	2,77	1,52	129,1	0,91	64,46	65,12	0,66
20	sep-71	32,3	28,4	16,9	0,0	325,0	9,49	37,6	479,8	1,1	5,1	2,95	1,56	123,5	0,91	64,47	65,23	0,76
21	dic-71	200,6	227,7	2,2	0,0	325,0	-0,26	127,1	547,2	7,8	4,8	2,47	1,46	139,7	0,90	64,26	64,92	0,66
22	mar-72	303,1	350,1	15,8	0,0	325,0	4,21	246,8	294,5	6,7	3,4	2,29	1,43	146,5	0,90	64,07	64,79	0,72

Figura 3.11 Pantallas de la vista general de las tablas del modelo, en el momento antes de correr el modelo con sólo los datos de entrada, y luego con los datos de salida incluidos



## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfyN | Ingeniería Civil

En la solapa principal del modelo denominada “LAMBDA 3.1”, se encuentran las Planillas síntesis de las variables de entrada y salida (Figura 3.11), las Tablas resumen de resultados (Figura 3.12), la Tabla de cálculo de extracciones de caudal, la Tabla de la curva H-A-V de la laguna (en los Anexos) ampliable en el futuro y una sencilla tabla de conversión de unidades.

En la siguiente solapa se encuentra el gráfico con las curvas de los Niveles medidos de la laguna y los Niveles calculados por el modelo de forma comparativa, eso fue plasmado en la Figura 3.13.

V	W	X	Y
22	23	24	25
<b>Resultados Comparados</b>			
	<b>Hmed</b> [m]	<b>Hcal</b> [m]	<b>Δh</b> [m]
máx	71,78	70,91	2,15
min	64,05	64,52	0,00
promedio	69,24	69,03	0,87
<b>paso Trimestral (hasta el 2000)</b>			
máx	71,40	70,91	1,95
min	64,05	64,52	0,00
promedio	68,57	68,24	0,62
<b>paso Mensual (desde el 2001)</b>			
máx	71,78	70,51	2,15
min	67,69	69,11	0,01
promedio	69,81	69,86	1,14

Figura 3.12 Pantalla donde se muestran los resultados de resumen del modelo

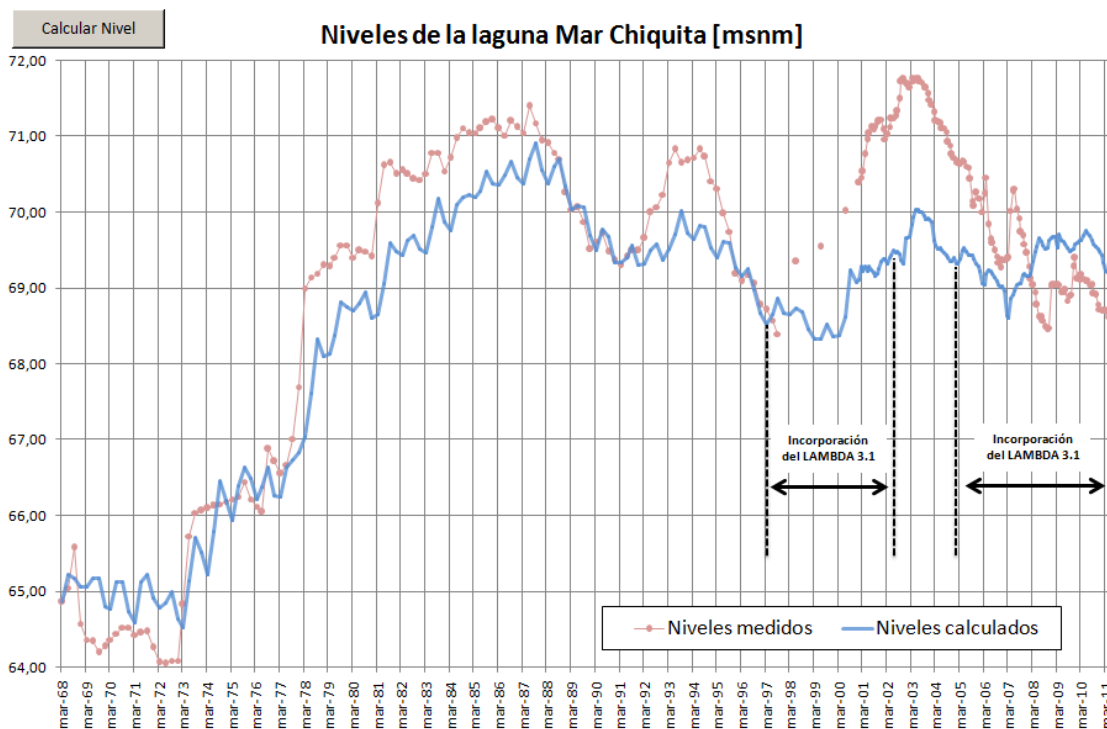


Figura 3.13 Pantalla donde se muestra la curva de niveles medidos en la laguna y niveles calculados por el modelo. Se indican además los períodos que fueron incorporados en este trabajo

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfYN | Ingeniería Civil

Dentro del modelo en la pestaña de “Origen de Datos”, quedan en evidencia todas las series de datos utilizadas organizadas en forma de columnas.

El modelo compone automáticamente las series de datos finales con las series de datos conseguidas, para que en el futuro puedan ser completadas las series con datos medidos dentro del sistema. El proceso de composición que sigue el modelo es el siguiente:

Para el caso de los bañados del río Dulce:

- **(Pb)** Dato de Sumampa utilizado en LAMBDA 3 (Plencovich,2011)
- Dato de Santiago del Estero brindado por SMN (2014)
- **(Sb)** Dato de Santiago del Estero corregido por correlación con los que se poseen de Sumampa.
- El modelo verifica si posee **(Pb)** y lo toma cómo dato final, de lo contrario utiliza **(Sb)**.

Y para el de la laguna Mar Chiquita:

- **(PI)** Dato de Miramar utilizado en LAMBDA 3 (Plencovich,2011)
- **(MI)** Dato de Miramar obtenido de las planillas de Pablo Michelutti (Curletto, 2014)
- Dato de Ceres brindado por SMN (2014)
- **(SI)** Dato de Ceres corregido por correlación con los datos que se poseen de Miramar de (PI).
- El modelo verifica si posee **(PI)** y lo toma cómo dato, si no existe verifica si existe **(MI)** y lo utiliza, de lo contrario toma a **(SI)** cómo dato final.

Además, para no requerir de la consulta constante de este informe, dentro del modelo fueron explicadas por medios de Comentarios lo que representa cada variable. Cuyos nombres se encuentran en la mayoría de los casos muy resumido a través de iniciales.

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfyN | Ingeniería Civil

### 3.4.2 Mejoras al código Fuente

En este apartado se trabajó en el núcleo del modelo LAMBDA 3, su código fuente, como primera necesidad para llevar a cabo la práctica profesional, comprendiendo su funcionamiento y las variables intervinientes.

A los fines de hacer del modelo en su conjunto una herramienta más práctica se agregaron comentarios al código fuente, es decir, se incrustaron anotaciones explicativas legibles para futuros usuarios/programadores entre las líneas de código del modelo. Estos comentarios han sido añadidos con el propósito de hacer el código fuente más fácil de entender con vistas a mantenimiento futuro, ampliaciones, optimizaciones o mejoras.

Estas anotaciones son potencialmente significativas para los programadores tanto para nivel avanzado como para cualquier estudiante con conocimientos básicos de programación, y más en este último caso, en que en nuestra carrera se posee una formación de programación en un lenguaje diferente al utilizado por las Macros de Microsoft Excel utilizadas por el modelo.

Asimismo se realizó la compactación de líneas de código eliminando aquellas que redundaban, se trata de un par de condiciones lógicas (Dos sentencias condicionales **if**) que se repetían y no agregaban mayores beneficios para el funcionamiento del modelo. Posiblemente fueran estas líneas de código de versiones anteriores del Lambda, que al ser modificadas en las sucesivas mejoras del modelo resultaron por convertirse en las mismas expresiones, pero manteniendo la forma inicial del código general.

La particularidad de este código a diferencia de las anteriores versiones (denominado a los fines de distinguirlo como LAMBDA 3.1), es que procesa en un mismo archivo todas las series históricas de datos, a pesar de contar con datos en periodos de tiempo diferentes, tal el caso: trimestral desde 1968 a 2000 y mensual desde 2001 a 2011.

Para resolver el mencionado desafío se agregó un bucle de control con dos iteraciones (Un bucle **for**), una para el paso trimestral y la siguiente para el paso mensual, y se anidó en ella el bucle principal original de cálculos para el subsistema respectivo. Incorporándose un bucle como el mencionado para el subsistema de Bañados y otro para el subsistema de la Laguna.

El resultado final de las incorporaciones y condensación de líneas de código, es un esquema de dos bucles **for** anidados, y la reducción de siete condiciones **if** a sólo tres.

Esquemáticamente lo expuesto puede contrastarse en la Figura 3.14 que muestra el diagrama de flujo del cálculo interno realizado por el modelo para el subsistema de Bañados. El diagrama de flujo original se puede apreciar también en la Figura 3.2 y el diagrama original (y actual) del cálculo del subsistema Laguna en la Figura 3.3. Estos tal como figuran y se establecieron para el modelo LAMBDA 3 en (Plencovich, 2011).

## **Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita**

UNC | FCEfYN | Ingeniería Civil

También se automatizó en este trabajo, la detección de la cantidad mínima de datos meteorológicos de forma de evitar errores y bloqueo del sistema por procesar valores incongruentes. El objetivo además era independizarse del código evitando que sea necesario ingresar al mismo para modificarlo en función de la cantidad de datos que se hayan incorporado, facilitando así el agregado constante y continuo de datos por parte de pasantes del Laboratorio u otro personal asignado sin requerir conocimientos especializados para hacer crecer y mejorar este modelo.

Se incorporó un aviso del sistema en caso de que el código sufriese algún desborde que indica en que línea de los datos meteorológicos se sufrió dicho error y aborta los siguientes cálculos que tildarían la aplicación. Esto no es un caso menor (sucedió durante el transcurso de esta práctica, por ello se decidió implementar esta solución) sucede cuando existen errores en los datos que generan volúmenes calculados de la laguna superiores a los cubitados por la batimetría incorporada en la curva H-A-V (Nivel, Área, Volumen) que es utilizada por el modelo en sus cálculos de nivel de la laguna Mar Chiquita.

Pensando en futuras ampliaciones de las planillas, que por complejización del modelo se requiriera agregar nuevas columnas (con más variables meteorológicas de entrada o nuevos resultados/salida de datos), se agregaron constantes dentro del código fuente que hacen referencia explícita a la columna correspondiente a cada variable. Gracias al esquema utilizado en el LAMBDA 3 (y mantenido) de numeración de columnas en la planilla, esas constantes son fácilmente verificables y actualizables.

El código fuente producto de las intervenciones al código original del LAMBDA 3 (Plencovich, 2011) se puede encontrar de forma completa en los Anexos de este trabajo como LAMBDA 3.1.

**Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita**

UNC | FCFEYn | Ingeniería Civil

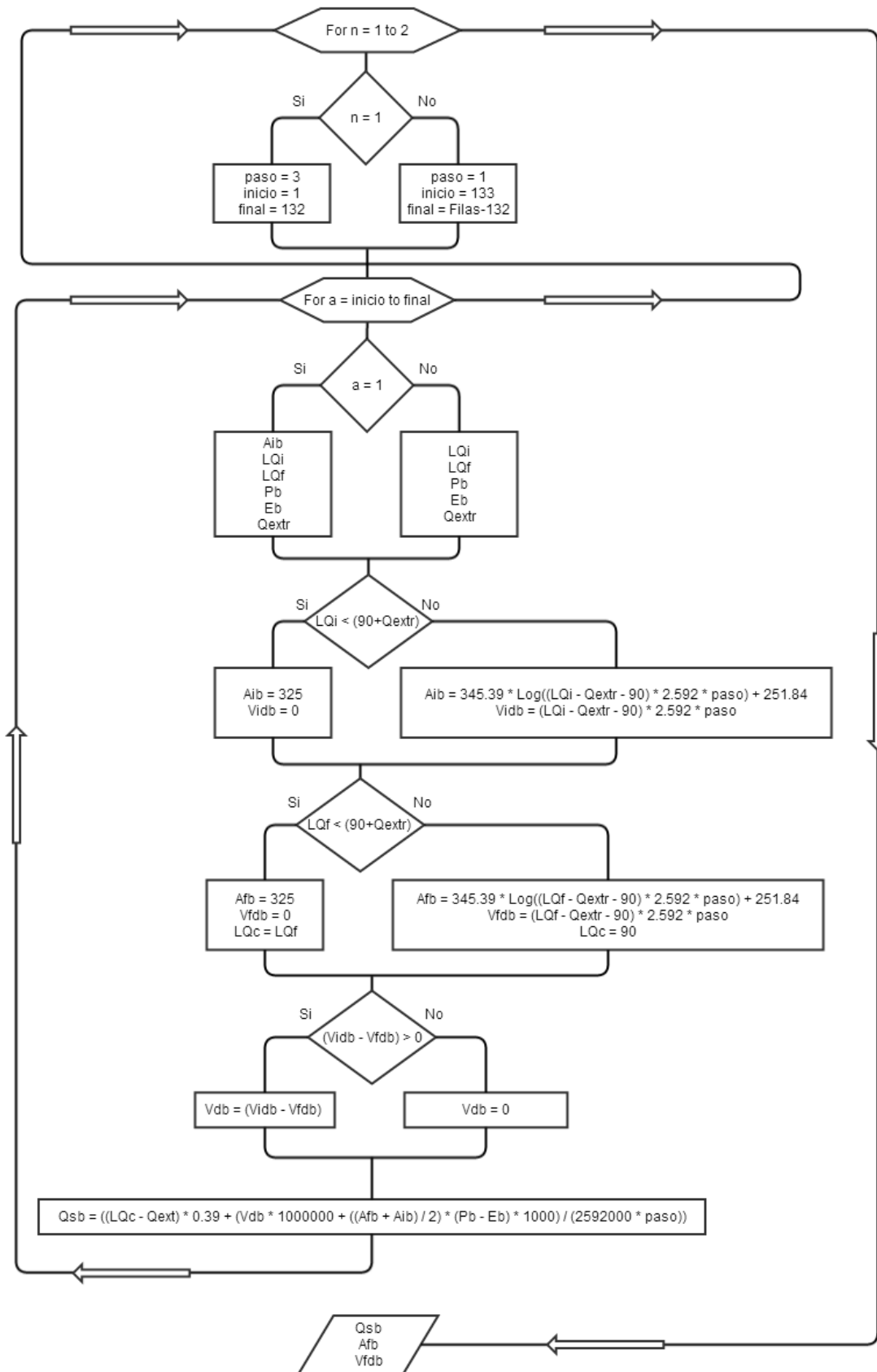


Figura 3.14 Diagrama de flujo (actual) del cálculo del subsistema Bañados

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfYN | Ingeniería Civil

### 3.4.3 Evaluación de impacto de extracción de caudales

Un objetivo intrínseco al modelo es que pueda ser utilizado para analizar posibles situaciones derivadas de intervenciones humanas y las posibles alternativas de manejo de las mismas. Uno de los temas más críticos que se presentan en la actualidad es la posibilidad de que el aporte del Río Dulce, principal tributario del sistema, pueda reducirse en forma significativa en función de una tasa creciente de extracción en sus cursos medio y superior para consumo humano, agrícola e industrial. Esta extracción puede afectar al sistema de la laguna Mar Chiquita en dos formas: en primer término, provocando un descenso de las aguas de la misma, y en segundo lugar interrumpiendo los pulsos de inundación anual, esenciales para la dinámica de los bañados del río Dulce.

Actualmente la provincia de Santiago del Estero ha elaborado en el 2008 un Plan Estratégico Territorial (PET) en el cual se han inventariado los recursos hídricos del río Dulce utilizados en la actualidad (Tabla 3.3) y aquellos recursos que planean utilizar en el futuro en la mismo curso de agua (Tabla 3.4).

**Tabla 3.3** Extracciones desde el río Dulce en volúmenes medios por año en el tramo Río Hondo-Mar Chiquita (Valores estimados) (Gallego, 2012)

Obra	Caudal
Azud Los Quiroga	1000 Hm <sup>3</sup>
Sistema de Canales menores	60 Hm <sup>3</sup>
Canal Mikilo-Pinto	20 Hm <sup>3</sup>
<b>Total extracciones actuales</b>	<b>1080 Hm<sup>3</sup>/año</b>

**Tabla 3.4** Futuras extracciones (Proyectos del Plan Estratégico Territorial de Santiago del Estero) (Gallego, 2012)

Obra	Caudal
Acueducto del Oeste	10 Hm <sup>3</sup>
Dique de Tuama	100 Hm <sup>3</sup>
Presa de Tasigasta	60 Hm <sup>3</sup>
Acueducto Los Telares-Norte de Córdoba	20 Hm <sup>3</sup>
<b>Total extracciones futuras</b>	<b>190 Hm<sup>3</sup>/año</b>

En base a lo anterior se observa que son **extraídos actualmente del río Dulce 34,3 m<sup>3</sup>/s** y se planea extraer en el **futuro** otros **6,0 m<sup>3</sup>/s** más.

En el momento actual no pudo ser evaluado este impacto, por el uso de series de datos meteorológicas que no se corresponden con el sistema y que por lo tanto no reflejan el comportamiento real de la laguna, cómo ya se explicó.

A pesar de ello, fue elaborado un apartado especial para que pueda ser evaluado de forma más rápida y sencilla en el futuro, cuando las series de datos en el modelo sean las correspondientes a las estaciones de medición dentro del sistema.



## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfYn | Ingeniería Civil

La inclusión y evaluación simultanea de distintos caudales de extracción, es ahora una operación sumamente clara y sencilla, permitiendo realizar en cualquier momento la determinación de los impactos. El o los valores de extracción futura que se deseen analizar deberán ser colocados en la tabla correspondiente (Figura 3.15) dentro del modelo y ejecutar el cálculo por medio del botón colocado a tal fin. El caudal de extracción fue incluido e implementado en el código del modelo por (Plencovich, 2011) en el modelo LAMBDA 3.

Las operaciones de salida incluyen: (**h**) la diferencia entre el nivel promedio con la cota cero de la laguna de 62,03 msnm (determinada por (Hillman, 2003)), (**Δh**) la variación porcentual del nivel promedio alcanzable comparado con el nivel promedio sin extracciones y (**Qext/QLQ**) la comparación del Caudal extraído con el caudal promedio saliente de Los Quiroga.

AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG
27	28	29	30	31	32	33
<b>Cálculo de Extracciones</b>						
Qext [m <sup>3</sup> /s]	Hmáx [m]	Hmin [m]	Hprom [m]	h [m]	Δh [%]	Qext/QLQ [%]
0,0						0,0%
5,0						4,7%
10,0						9,5%
15,0						14,2%
20,0						19,0%
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; background-color: #f0f0f0;"> <b>Calcular Extracciones</b> </div> <div style="text-align: right;"> <p>[Planillas finales muestran los valores con el primer Qext]</p> <p><b>Advertencia:</b> Proceso lento. Guarde primero, puede tildarse.</p> </div> </div>						

Figura 3.15 Pantalla de la tabla para Cálculo de Extracciones de caudal, con el botón que da inicio a la corrida de la Macro

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfYN | Ingeniería Civil

### CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES, DISCUSIÓN Y TRABAJO FUTURO

Se realizaron mejoras en el código fuente del modelo LAMBDA 3 que tienen que ver con la posibilidad de ampliarse más fácilmente en el futuro, una compactación de líneas de código y la ampliación de otras que permitieron ejecutar en un solo paso todo el período de análisis, con sus diferentes pasos (trimestral y mensual). A los fines de facilitar aún más la interpretación del código del modelo, se realizó el comentario detallado de los mismos.

Se mejoró la visualización del modelo numérico LAMBDA 3 incorporando todos los períodos de análisis (los de paso trimestral y mensual) en un solo archivo, discriminando las variables de entrada utilizadas y las de salida generadas, en una sola tabla. A las variables y tablas dentro del modelo se le incorporaron comentarios aclaradores facilitando su interpretación. Junto a la identificación por colores para organizar los datos dentro del modelo se diseñó un logotipo que identificara al modelo LAMBDA (entendiendo la importancia del modelo, es una parte importante lograr una rápida identificación visual y así un aumento de presencia del mismo, tanto para el ámbito académico como público en general).

Para la precipitación en la zona de bañados, la falta de registro provocó la necesidad de utilizar la serie de Santiago del Estero a partir de la cual se completó y extendió la serie de precipitaciones en Sumampa hasta [abr-2011]. Lo mismo se realizó en Miramar para los períodos intermedios faltantes con la estación de Ceres (Santa Fe), ambas provistas por el (SMN, 2014).

El tratamiento de datos de evaporación excedía los objetivos de esta PS por lo que se trabajó con una serie generada por el método de Thornthwhite y se ajustó por medio de una función lineal a los datos de evaporación medidos existentes.

De la recopilación y ampliación (por procesado de datos locales y por correlación de datos de estaciones meteorológicas foráneas al sistema) de las series de datos, el resultado final es apreciable gráficamente en la Figura 4.1.

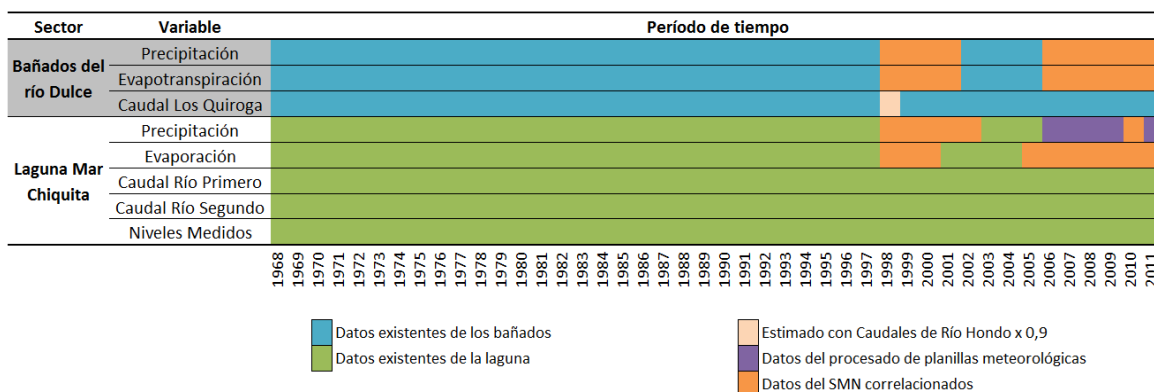


Figura 4.1 Esquematización gráfica de las variables hidrometeorológicas del sistema, períodos de datos disponibles, períodos conseguidos por procesado de planillas y períodos estimados con datos brindados por el SMN

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEyN | Ingeniería Civil

En los siguientes gráficos se representó la nube de puntos que relaciona Niveles de la laguna Medidos en Miramar y Calculados por el modelo LAMBDA 3.1.

En el gráfico de la Figura 4.2 se representó los niveles mencionados, para el período [1968-1997] que se corresponden con lo modelado en el LAMBDA 3.a (Plencovich, 2011). El nivel de correlación de estas variables es lo suficientemente bueno, como puede observarse por su elevado  $R^2 = 0,956$ . Este período sigue manteniendo la calidad que poseía en el LAMBDA 3 ( $R^2 = 0,94$ ).

Y en el gráfico de la Figura 4.3 se realizó lo propio con los períodos incorporados en este nuevo LAMBDA 3.1 [sep-97 a sep-02] y [may-05 a abr-11]. Estos períodos poseen las series de datos externas al sistema que fueron mencionadas. El resultado es evidente: la correlación entre ambas variables no existe, como acusa su bajo  $R^2$  menor a 0,05.

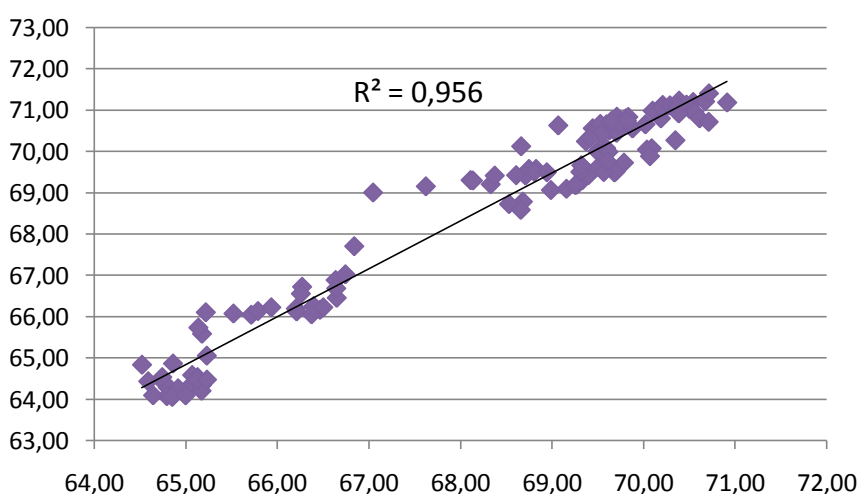


Figura 4.2 Niveles de la laguna Medidos y Calculados [ene-68 a jun-97]  
Período de tiempo de los resultados del LAMBDA 3.a

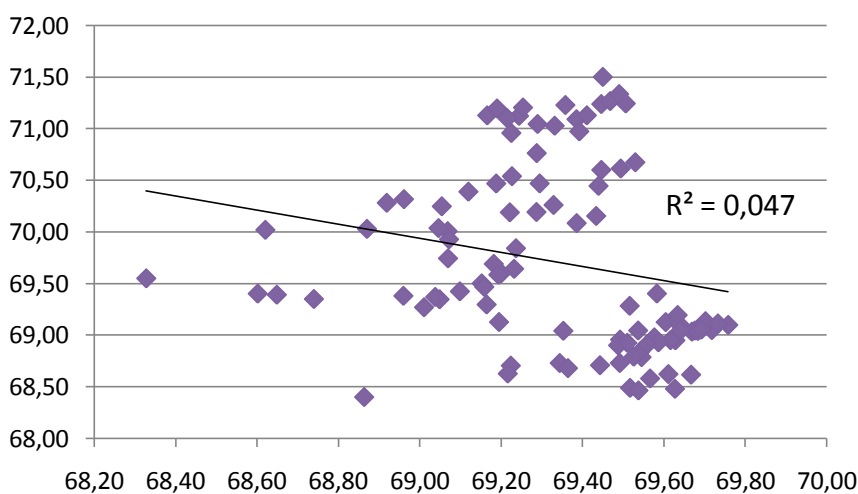


Figura 4.3 Niveles de la laguna Medidos y Calculados [sep-97 a sep-02] y [may-05 a abr-11]  
Resultados de lo incorporado por LAMBDA 3.1

## **Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita**

---

UNC | FCEfYN | Ingeniería Civil

La evaluación de variables hidrometeorológicas a través del modelado con el LAMBDA 3.1 deja sin lugar a dudas que el sistema natural es incompatible y no es posible modelarlo sin sus propias variables meteorológicas. Evidencia de ello son las sendas discrepancias mostradas, entre los valores medidos in situ y los resultados calculados por el modelo cuando se utilizan variables externas al sistema.

**Se verificó que el sistema de la laguna Mar Chiquita – Bañados del río Dulce es altamente dependiente de sus variables hidrológicas y muy sensible a variaciones de ellas, por lo que no es posible utilizar series de datos provenientes de estaciones cercanas y externas al mismo.**

**Es absolutamente imperante que para la consistencia del modelo se hace necesario retomar las mediciones de parámetros hidrológicos: Temperaturas, Precipitación y Evaporación en el área de los Bañados del río Dulce (al menos en Sumampa) y la laguna Mar Chiquita (al menos en Miramar).**

**De la observación del estado de los instrumentales de medición existentes y de las inclemencias climáticas a las cuales son sometidos, se encomienda a las reparticiones estatales correspondientes reforzar su presencia y monitoreo de este sistema. Porque como ya se ha descrito, las mediciones no logradas in situ son la pérdida de un material invaluable para mejorar los modelos, mejorar la gestión y una buena toma de decisiones futura sobre este delicado sistema.**

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfN | Ingeniería Civil

### BIBLIOGRAFÍA

Aparicio Mijares, F. J. (1992). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. México D.F., México: Limusa.

Bucher. (2006). "Bañados del río Dulce y laguna Mar Chiquita" Capítulo: *Síntesis funcional*. Córdoba, Argentina: Academia Nacional de Ciencias.

Bucher, e. a. (2006). "Bañados del río Dulce y laguna Mar Chiquita." Capítulo: *Síntesis geográfica*. Córdoba, Argentina: Academia Nacional de Ciencias.

Díaz, E. (2013). "Identificación y caracterización de sequías hidrológicas en el centro y norte de la República Argentina". Córdoba, Argentina.

ELTECH. (1990). "Estudio del geoambiente de la Provincia de Córdoba (Arg.), Parte II: Estudio del régimen hidrológico del Río Dulce y Laguna de Mar Chiquita", Informe a la DG XII, UE. Milán, Italia.

Fulginiti, F. (2013). "Modelación Hidrogeológica en Cuencas Endorreicas - Aplicación a la Cuenca de la Laguna Mar Chiquita y la Laguna Llancanelo". Tesis de Maestría en Ciencias de la Ingeniería, Mención en Recursos Hídricos. Córdoba, Argentina: Universidad Nacional de Córdoba.

Gallego, A. (2012). "Santiago del Estero y el Agua. Crónica de una relación controvertida". Santiago del Estero, Argentina: Editorial Lucrecia.

Hillman, G. (1999). "Análisis y simulación hidrológica del sistema Laguna de Mar Chiquita". Trabajo Final de Grado en la Carrera de Ingeniería Civil. Córdoba, Argentina.

Hillman, G. (2003). "Análisis y Simulación Hidrológica del Sistema Laguna de Mar Chiquita", Tesis de Maestría FCEfN, UNC. Córdoba, Argentina.

Jones, N. (2008). «South Aral Sea 'gone in 15 years'». Obtenido de newscientist.com: <http://www.newscientist.com/article.ns?id=dn3947>

Laboratorio de Hidráulica. *Material recopilado, analizado y producido por Profesionales y Pasantes*. FCEfN - UNC, Córdoba, Argentina.

Landsat. (2006). *Imágenes satelitales Landsat 4, 5, 7 y 8*. Recuperado el Julio de 2014, de Landsat.org: <http://www.landsat.org/ortho/index.php>

Mañueco. (2008). «El mar de Aral se recupera» (en español). Obtenido de abc.es: <http://participacion.abc.es/cartaseuroasiaticas/post/2007/07/16/el-mar-aral-se-recupera>

Michelutti, P. (ene.2005-dic.2012). *Planillas de registros meteorológicos del guardaparque de la reserva provincial de Mar Chiquita*. Miramar (Córdoba), Argentina.

**Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita**

---

UNC | FCEfYn | Ingeniería Civil

Pagot, M. (2003). *"Análisis y Simulación Hidrológica del Sistema Bañados del Río Dulce"*. Tesis de Maestría FCEfYn, UNC. Córdoba, Argentina.

Piovano, E. D. (2002). *"Recent environmental changes in Laguna Mar Chiquita (central Argentina): a sedimentary model for a highly variable saline lake."*

Plencovich, G. (2011). *"Simulación hidrológica de los humedales de Mar Chiquita con apoyo satelital"*. Tesis de Maestría FCEfYn, UNC. Córdoba, Argentina.

Pozzi, C., Plencovich, G., Corral, M., Pagot, M., Hillman, G., Rodríguez, A., y otros. (2006). *"Bañados del río Dulce y laguna Mar Chiquita" Capítulo: Circulación de las aguas superficiales en la laguna Mar Chiquita*. Córdoba, Argentina: Academia Nacional de Ciencias.

Rodríguez, A., Pagot, M., Hillman, G., Pozzi, C., Plencovich, G., Caamaño, N., y otros. (2006). *"Bañados del río Dulce y laguna Mar Chiquita" Capítulo: Modelo de simulación hidrológica*. Córdoba, Argentina: Academia Nacional de Ciencias.

SMN. (2014). *[Servicio Meteorológico Nacional] Registros Meteorológicos de CERES (Santa Fé) y SANTIAGO DEL ESTERO (S. del E.)- Exp. N° 147.325*. Buenos Aires, Argentina: Centro de Información Meteorológica.

SSRH, UNC y UNSE. (2007). *"Estudio Hidrológico-Ambiental del Sistema Mar Chiquita, bañados y tramo inferior del río Dulce"*. Córdoba, Argentina: Subsecretaría de Recursos Hídricos de la provincia.

SSRRHH. (2007). *Estudio Hidrológico Ambiental del Sistema Mar Chiquita - Bañados y tramo inferior del Río Dulce*.

SSRRHH. (2012). *Informe final de la Comisión de Evaluación del Impacto de las nubes de polvo y sal generadas en el área de Mar Chiquita*.

UNC. (1998). *"Valoración del Impacto Ambiental en la Región de Mar Chiquita y la Cuenca afectada por el Canal Federal"*, Informe Final al CFI. Córdoba, Argentina.

Vargas, C. (2014). *Análisis de la dinámica hídrica espacial de la laguna Mar Chiquita. Período 2001-2014*. Córdoba, Argentina.



## **ANEXOS**

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfYN | Ingeniería Civil

### Planilla modelo propuesta para uniformizar registros.

Útil en estaciones meteorológicas con registro de datos de forma manual.

REGISTROS METEOROLÓGICOS			Estación	Mes	Año			
<b>Planilla Estándar</b>								
Fecha	Temperatura [°C]		Humedad [%]	Presión [HPa]	Viento [Km/h]		Viento [dirección]	Precipit. [mm]
	Máx.	Min.			Máx.	Min.		
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								

(1) - Las unidades de medición se encuentran en cada columna, no repetir en cada celda.

(2) - Escribir los números en tamaño adecuado y que no dé lugar a confusiones.

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfYn | Ingeniería Civil

### Temperaturas medias de CERES (Santa Fé) entre 1970 y 2014 (SMN, 2014)

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1970	25,2	25,9	24,2	23,6	16,7	12,6	12,9	13,9	18,8	19,8	22,3	25,6
1971	19,2	19,8	16,0	10,8	10,0	9,9	15,3	15,2	18,3	20,5	24,2	27,2
1972	26,9	26,5	21,6	18,3	17,6	14,4	12,7	13,5	17,7	18,7	21,1	24,1
1973	26,1	24,4	23,2	18,5	15,0	13,7	10,2	13,2	15,1	19,5	20,9	22,2
1974	25,6	22,4	22,4	20,0	17,2	12,8	15,6	14,4	14,4	19,5	22,6	22,4
1975	25,5	25,1	22,5	20,0	17,0	16,6	11,2	13,3	16,6	19,3	21,3	25,3
1976	26,3	25,1	21,3	18,0	14,9	13,4	13,3	13,7	16,6	19,7	22,8	24,5
1977	25,8	24,8	23,6	20,4	15,1	14,7	13,8	14,7	18,0	21,5	22,6	24,7
1978	25,8	24,6	23,1	18,9	16,3	12,7	15,1	12,4	18,2	19,8	22,5	25,0
1979	26,7	24,9	22,0	18,0	15,6	12,9	14,9	17,0	14,6	20,1	20,6	23,9
1980	26,0	25,0	26,1	21,9	18,3	12,5	12,3	14,5	15,9	19,4	21,4	24,6
1981	24,9	25,6	23,0	19,9	20,4	11,8	12,1	15,9	15,4	19,5	21,9	24,3
1982	25,0	23,3	23,2	20,8	17,8	14,0	13,9	15,9	19,3	20,0	22,5	24,8
1983	26,3	24,6	22,6	19,9	16,1	10,7	11,0	13,0	15,0	20,8	21,8	26,2
1984	26,5	26,4	23,3	18,6	17,1	10,3	11,9	12,3	16,7	20,9	21,6	22,3
1985	24,9	24,8	23,5	19,6	18,0	14,2	13,1	13,8	15,6	20,1	23,6	25,6
1986	26,9	24,9	22,2	20,8	16,8	15,6	13,9	15,0	17,4	20,2	22,4	25,2
1987	26,2	25,4	23,8	20,1	13,2	13,5	14,8	13,6	15,7	20,6	22,3	23,4
1988	25,2	24,4	26,1	18,9	13,0	11,8	11,2	15,5	16,1	19,6	24,1	26,1
1989	27,3	26,8	22,5	19,5	16,4	14,6	12,3	16,1	15,1	20,0	23,1	26,0
1990	26,0	24,1	22,3	19,9	14,7	11,4	11,3	17,3	15,2	21,3	23,0	23,6
1991	24,2	24,0	24,3	19,4	17,1	13,4	11,8	14,8	17,1	17,9	21,0	23,3
1992	24,8	24,4	23,1	18,2	15,5	15,4	9,5	13,9	15,6	20,2	24,2	23,5
1993	25,7	22,9	23,3	19,6	15,2	12,4	10,2	13,5	15,4	19,8	20,8	23,1
1994	24,3	22,9	21,6	19,2	18,6	14,9	12,4	14,1	18,0	19,8	24,3	34,3
1995	30,5	22,2	19,1	11,6	8,6	7,1	5,3	5,5	10,3	10,7	16,6	17,5
1996	18,3	17,4	16,1	13,9	10,4	4,2	2,1	7,7	8,9	13,3	19,9	24,0
1997	26,8	24,3	22,9	20,3	17,8	13,3	15,8	15,8	18,1	20,6	22,7	24,5
1998	24,7	23,1	21,5	18,5	16,1	13,1	14,2	14,0	15,3	20,7	22,6	23,9
1999	23,6	25,1	24,2	17,2	15,4	12,1	11,0	14,7	18,7	19,5	20,9	24,3
2000	25,7	23,8	21,5	20,1	15,4	12,7	9,7	14,4	16,5	21,3	21,2	23,7
2001	25,2	26,6	24,4	19,7	15,3	14,1	13,2	17,1	16,1	20,0	22,0	23,8
2002	24,7	24,1	25,1	18,5	18,1	11,9	12,0	16,0	17,0	21,3	22,7	24,0
2003	26,0	25,2	22,8	18,8	16,2	15,7	12,5	12,6	17,3	21,3	22,7	22,8
2004	26,3	23,8	23,8	20,4	13,1	14,2	14,3	15,0	19,0	20,3	22,4	25,0
2005	26,3	24,8	22,8	17,7	16,3	15,1	13,8	14,7	14,9	18,7	22,8	23,1
2006	27,1	25,9	22,4	19,8	14,2	14,7	15,7	13,2	16,9	21,9	22,9	25,7
2007	26,4	26,0	22,9	19,9	13,4	11,3	9,9	11,0	17,9	21,2	22,1	24,8
2008	26,4	24,6	24,0	19,6	16,8	11,6	17,2	15,5	17,2	21,2	24,2	26,3
2009	25,8	25,8	25,0	23,1	18,1	13,2	11,5	17,8	15,6	15,0	19,4	19,5
2010	20,0	21,0	18,8	13,0	9,6	11,2	12,1	13,6	17,3	19,4	22,7	25,1
2011	26,0	24,1	22,6	20,0	16,4	12,6	12,6	13,4	18,1	19,5	23,5	24,9
2012	26,8	27,5	23,4	19,8	18,0	13,9	11,6	16,2	19,3	21,6	24,3	26,2
2013	26,1	24,7	21,9	20,8	17,4	14,9	14,1	14,0	18,0	22,5	23,4	28,3
2014	27,7	25,1	21,0									
Prom	25,5	24,4	22,6	19,0	15,7	12,9	12,4	14,2	16,5	19,7	22,2	24,5

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfYn | Ingeniería Civil

### Precipitaciones totales de CERES (Santa Fé) entre 1970 y 2014 (SMN, 2014)

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1970	84,2	144,5	99,4	7,8	32,1	28,6	7,1	21,6	32,8	15,5	30,9	68,1
1971	362,1	136,6	97,8	49,8	2,1	5,0	2,9	13,5	48,5	37,7	82,7	30,4
1972	92,1	5,1	160,7	112,1	17,2	21,7	23,4	22,2	151,5	152,1	173,4	111,3
1973	73,0	134,8	278,1	302,5	3,7	127,3	12,5	1,3	14,4	52,6	75,3	129,8
1974	136,6	229,6	179,7	68,4	81,7	4,4	6,6	1,7	42,6	47,4	112,1	193,7
1975	142,0	81,5	220,7	115,2	94,4	36,7	2,0	49,1	105,4	16,9	147,1	63,1
1976	99,9	107,3	205,8	46,9	19,5	0,0	0,0	46,7	22,4	96,6	133,7	193,2
1977	277,0	266,7	62,9	116,3	24,9	4,3	34,1	23,8	13,0	111,8	80,0	170,2
1978	114,7	74,0	234,1	21,1	21,2	51,2	5,5	5,1	115,1	85,1	121,3	168,4
1979	131,7	101,2	177,6	79,6	4,3	38,9	0,8	9,5	78,6	20,9	100,0	52,6
1980	29,5	140,9	31,5	137,8	45,6	8,8	20,4	27,7	47,6	95,8	100,8	236,0
1981	270,1	170,9	44,4	109,6	74,6	0,4	13,8	13,9	4,7	25,8	74,8	110,4
1982	64,0	158,7	69,3	86,2	19,4	11,8	3,8	14,0	150,1	5,8	77,9	242,3
1983	175,4	115,5	153,9	112,5	30,6	1,7	57,4	52,5	21,6	82,2	70,9	71,7
1984	241,7	386,8	110,9	43,2	13,4	12,9	1,2	3,0	80,8	230,2	152,1	97,5
1985	71,7	133,9	38,0	100,2	44,6	17,9	52,7	20,2	63,7	140,6	110,0	82,9
1986	125,4	73,1	61,1	178,8	8,7	29,5	66,7	24,2	64,1	36,4	166,4	147,3
1987	128,5	92,3	247,2	50,3	47,1	0,5	9,1	14,1	3,2	51,2	210,3	103,7
1988	245,7	13,6	130,3	4,9	0,4	4,4	77,8	7,8	33,9	27,3	26,6	76,3
1989	91,7	61,9	93,4	213,1	25,1	57,4	0,1	24,6	15,4	19,1	33,5	73,8
1990	81,1	245,8	207,8	38,1	3,7	14,1	27,0	2,7	13,6	137,6	84,0	249,6
1991	62,9	67,0	124,8	126,4	107,4	59,8	4,8	42,1	48,7	82,7	56,1	406,8
1992	86,5	126,0	202,5	121,7	17,7	40,7	10,8	46,7	40,6	207,3	183,3	336,1
1993	190,2	60,5	103,6	87,8	26,8	3,6	1,8	5,5	43,0	156,7	124,1	110,7
1994	54,5	174,7	197,4	114,8	252,0	20,0	3,4	4,8	4,7	92,5	38,2	51,8
1995	170,3	180,3	122,0	38,2	23,9	1,8	1,1	0,0	12,6	40,7	136,2	51,3
1996	182,6	104,1	188,4	38,5	19,5	0,5	0,3	0,1	34,1	95,4	58,6	226,0
1997	64,9	50,3	69,0	26,6	42,2	14,3	5,3	6,4	43,7	74,8	43,2	492,0
1998	172,6	375,3	166,3	69,8	25,8	28,8	7,2	9,6	5,5	28,8	62,6	97,8
1999	153,8	68,5	108,2	231,9	1,3	96,7	27,4	2,0	4,6	94,5	16,4	52,1
2000	150,5	125,9	115,1	198,2	61,2	4,5	15,2	3,7	17,0	84,5	206,5	44,6
2001	419,3	63,1	188,2	71,0	8,0	40,4	1,2	24,6	38,1	167,0	133,5	62,0
2002	69,2	35,0	342,2	119,0	76,5	1,2	32,4	0,5	55,1	87,8	274,4	231,5
2003	97,3	86,0	325,7	207,1	28,3	5,0	1,0	27,3	13,3	92,7	96,5	117,9
2004	13,0	81,5	36,5	149,7	9,2	9,0	4,6	0,2	48,9	72,6	81,0	110,2
2005	113,0	131,0	349,6	66,8	11,3	30,5	23,0	10,1	2,3	36,2	106,6	144,3
2006	94,6	43,1	127,0	121,5	6,7	42,3	2,4	14,0	0,0	100,3	71,4	175,9
2007	40,0	149,8	396,5	68,7	14,4	10,0	2,4	8,5	40,5	92,4	45,8	82,4
2008	85,6	110,9	12,7	2,0	3,9	0,1	0,0	0,7	60,5	81,0	79,4	15,0
2009	91,0	98,4	75,3	16,6	2,8	1,2	14,0	0,1	77,4	66,2	207,8	116,4
2010	153,6	89,1	199,0	47,3	56,2	1,4	0,2	6,1	49,4	4,9	67,1	130,0
2011	320,3	145,5	73,0	122,8	59,9	27,1	17,0	1,3	9,1	112,7	88,0	24,0
2012	146,2	69,8	132,4	65,1	38,0	3,4	0,3	11,0	17,0	42,5	106,4	167,3
2013	58,3	178,5	74,4	4,0	1,8	33,9	3,0	0,0	27,2	75,2	128,0	49,1
2014	119,1	171,9	108,4									
Prom	137	126	150	93	34	22	14	14	41	79	104	136

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfyN | Ingeniería Civil

### Temperatura media de SANTIAGO DEL ESTERO (Santiago del Estero) entre 1970 y 2014 (SMN, 2014)

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1970	27,1	28,3	24,6	24,7	16,5	13,1	12,8	15,4	20,5	21,7	24,5	28,1
1971	25,8	24,7	23,6	18,5	15,3	9,8	14,7	15,2	20,8	22,0	25,3	28,9
1972	28,9	27,5	23,3	19,5	17,9	14,2	12,6	14,8	19,6	21,3	24,8	26,5
1973	27,4	27,1	24,5	19,4	15,6	13,7	10,6	14,1	16,8	22,5	23,5	24,3
1974	26,8	23,0	22,4	19,7	17,0	13,3	14,5	14,2	15,5	21,1	24,2	24,3
1975	28,0	25,9	24,3	20,9	17,4	16,6	11,1	13,5	18,1	21,5	23,4	27,1
1976	26,2	25,1	21,5	17,9	15,2	12,7	13,0	14,6	17,5	21,7	25,2	27,2
1977	26,8	24,9	24,5	20,1	15,7	15,3	13,2	14,3	19,8	23,0	25,1	26,7
1978	25,3	25,3	24,0	20,4	17,3	12,5	14,5	12,9	19,5	22,6	25,1	26,7
1979	27,8	25,2	23,2	17,9	16,9	12,5	14,9	18,4	15,9	23,1	22,9	24,3
1980	26,1	25,8	26,5	21,4	17,9	12,8	12,2	15,3	17,0	20,9	22,5	25,7
1981	25,9	25,9	23,8	19,7	19,6	12,7	12,5	16,9	17,2	22,0	24,0	27,2
1982	26,3	25,7	22,8	21,2	18,1	13,1	13,8	16,7	19,9	21,9	24,3	25,5
1983	27,2	25,2	23,4	19,7	16,1	10,8	11,3	13,1	16,5	22,9	23,7	27,3
1984	27,1	26,7	23,7	18,5	16,7	10,7	12,6	13,3	19,0	23,1	22,8	24,3
1985	26,0	24,9	24,4	20,0	18,3	14,6	13,3	15,2	18,1	22,9	24,5	26,8
1986	28,2	25,9	23,8	21,5	18,0	14,5	14,6	16,0	18,6	22,4	24,5	28,8
1987	27,5	27,4	25,6	21,1	13,6	13,5	15,0	14,7	18,0	24,1	24,9	25,4
1988	27,3	25,1	25,9	20,3	14,5	11,6	11,8	15,8	18,5	22,7	26,8	29,2
1989	28,8	29,9	24,5	21,0	17,0	16,0	13,2	17,5	17,2	22,7	25,5	27,1
1990	27,7	25,4	23,5	20,8	16,1	12,5	12,1	18,8	17,1	23,7	26,1	27,5
1991	26,4	26,8	25,1	20,7	18,4	13,3	13,4	15,8	19,2	20,9	24,4	26,1
1992	26,1	25,0	25,6	19,5	16,2	14,9	10,1	15,6	18,1	22,3	23,4	25,5
1993	26,8	24,6	25,9	20,6	16,5	13,3	11,2	15,0	17,2	22,0	25,3	27,8
1994	27,8	24,8	24,1	20,0	19,9	15,4	12,6	16,7	21,5	23,1	25,0	30,0
1995	27,2	25,0	24,2	21,0	17,6	13,7	12,4	14,9	19,2	22,8	27,2	28,6
1996	26,2	26,1	24,7	20,7	18,2	12,1	11,8	17,8	17,5	22,7	24,5	27,2
1997	28,8	24,2	24,4	22,0	18,0	13,7	15,9	17,1	21,2	22,9	25,8	27,8
1998	26,3	24,1	22,6	20,0	17,5	14,2	15,7	15,6	17,5	23,1	25,2	27,2
1999	25,0	26,3	24,4	18,2	17,4	13,0	11,7	15,5	20,9	22,5	22,8	26,4
2000	27,5	24,8	22,6	21,1	15,6	13,4	11,1	16,5	18,3	23,0	23,5	25,7
2001	28,0	27,6	26,2	20,4	15,7	14,0	12,9	17,7	17,4	22,6	23,7	24,6
2002	26,5	25,4	25,3	19,4	18,3	12,0	13,0	16,7	19,6	24,3	24,8	25,2
2003	27,7	27,8	24,5	19,6	17,0	16,4	12,2	14,2	19,4	24,5	26,6	26,0
2004	28,0	25,4	25,2	21,4	13,5	13,7	14,4	15,7	20,4	24,3	25,0	27,8
2005	29,3	27,4	24,1	18,9	16,4	15,0	13,9	16,2	16,8	21,5	26,6	26,4
2006	27,8	27,3	24,2	21,0	14,7	15,0	15,8	14,7	18,8	24,8	25,7	27,2
2007	27,2	27,1	23,5	21,3	14,1	11,9	10,2	12,9	20,2	24,7	25,3	27,2
2008	27,1	26,3	24,0	20,0	16,7	11,2	16,8	15,9	17,6	23,5	26,3	27,7
2009	26,2	26,6	25,6	23,2	17,7	13,2	11,6	17,6	17,2	24,5	28,4	26,4
2010	27,3	27,4	26,0	19,8	14,7	13,4	11,5	14,8	19,5	21,7	23,8	26,8
2011	27,0	25,4	23,2	20,6	16,9	13,6	13,1	14,5	20,2	22,4	26,2	26,6
2012	28,4	29,4	25,8	21,2	18,5	13,3	11,3	16,7	21,3	23,6	26,1	29,2
2013	29,5	27,4	24,1	22,6	17,6	15,2	13,9	14,6	18,9	23,7	25,6	30,7
2014	27,6	26,4	21,8									
Prom	27,2	26,1	24,2	20,4	16,8	13,5	13,0	15,5	18,6	22,8	24,9	26,9

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfyN | Ingeniería Civil

### Precipitaciones totales de SANTIAGO DEL ESTERO (Santiago del Estero) entre 1970 y 2014 (SMN, 2014)

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1970	108,8	65,9	126,8	8,1	60,6	7,8	0,6	3,0	43,4	12,8	57,6	76,8
1971	184,2	167,0	46,1	35,4	1,6	0,0	6,2	0,0	10,3	73,5	73,3	7,6
1972	59,7	45,9	46,5	60,2	12,5	4,4	3,4	0,0	27,4	15,2	35,5	89,1
1973	183,6	48,7	162,3	113,2	0,0	46,6	6,0	0,0	0,9	17,5	83,8	97,9
1974	279,6	523,2	171,8	38,0	54,3	0,9	11,6	4,7	4,4	26,5	17,5	30,0
1975	71,3	85,2	63,5	55,1	7,0	2,7	0,4	8,3	33,5	19,9	65,9	63,9
1976	181,1	199,0	110,4	0,0	5,9	0,0	0,6	3,2	3,1	26,5	82,7	42,8
1977	207,9	268,0	85,5	187,9	3,9	0,0	3,3	28,8	16,4	7,4	18,7	159,1
1978	144,6	35,5	61,9	0,3	5,7	4,2	0,0	0,0	26,7	54,1	72,6	111,8
1979	89,8	158,9	29,9	58,3	0,0	1,0	1,3	2,0	25,8	13,4	73,0	204,4
1980	43,5	116,6	182,3	19,5	13,7	5,5	0,0	2,2	21,8	111,4	256,3	50,2
1981	210,9	148,3	67,4	50,4	11,4	1,7	1,5	2,0	0,7	5,8	125,6	50,1
1982	68,2	62,3	194,3	86,3	0,0	17,1	1,1	0,0	71,6	9,8	96,6	182,5
1983	206,3	70,4	61,2	14,4	33,7	7,0	11,7	3,2	2,0	88,0	44,1	127,7
1984	162,0	91,1	156,7	4,3	15,4	11,0	3,1	0,3	15,7	34,6	49,7	49,3
1985	116,8	98,1	36,0	40,3	13,1	0,5	12,4	10,2	0,0	74,2	84,5	227,0
1986	145,0	108,0	14,5	37,8	9,5	7,2	21,8	6,2	28,6	16,5	57,6	69,2
1987	150,3	6,7	75,0	48,9	7,6	0,0	0,2	0,0	1,2	39,3	90,5	120,5
1988	124,2	86,1	29,2	11,0	0,0	1,0	3,1	0,0	0,0	6,9	14,5	5,6
1989	30,4	10,0	68,6	11,7	34,7	15,8	1,4	2,4	10,4	43,5	55,7	298,5
1990	148,5	127,1	79,3	30,3	57,7	4,2	0,0	0,0	5,6	23,1	17,7	70,7
1991	105,1	62,7	179,1	41,0	16,9	11,9	0,5	1,3	6,6	65,9	15,2	150,9
1992	234,2	182,7	39,9	79,0	17,8	5,4	1,7	15,3	24,4	31,5	72,6	187,7
1993	159,4	24,4	49,5	63,0	5,3	0,3	0,0	2,1	5,9	18,3	42,6	68,7
1994	94,4	113,9	6,4	60,2	17,9	4,6	2,4	1,8	0,9	84,6	59,4	71,7
1995	72,3	149,3	73,4	10,6	6,3	0,6	0,0	0,0	4,2	15,1	31,3	43,7
1996	171,9	162,7	104,7	27,0	99,5	1,8	0,0	0,0	44,4	23,3	178,2	132,4
1997	109,3	148,1	98,6	2,4	7,8	1,5	15,0	0,0	20,1	19,1	54,9	253,2
1998	97,2	155,3	53,2	12,3	7,6	14,7	2,0	5,8	1,0	60,8	36,7	50,2
1999	274,5	110,0	143,0	9,3	9,2	20,5	1,4	0,0	0,0	120,8	54,2	85,2
2000	232,7	134,3	124,1	25,1	16,3	8,4	3,0	3,0	0,6	54,9	143,7	105,4
2001	65,9	97,8	71,4	76,3	13,6	18,0	0,0	4,0	69,0	63,0	140,2	130,2
2002	130,8	121,7	106,0	18,5	45,2	5,3	3,9	0,0	0,0	209,0	40,1	150,4
2003	55,5	13,7	177,8	47,2	10,0	5,0	0,0	2,1	11,0	40,2	11,3	91,4
2004	115,2	61,8	73,4	26,0	12,0	13,4	0,0	0,0	0,0	6,3	77,0	48,2
2005	33,8	132,3	120,0	40,0	2,3	16,6	0,7	0,0	12,0	31,3	47,2	173,7
2006	103,0	69,0	88,0	68,3	0,0	4,9	0,4	0,0	0,0	33,6	58,5	74,3
2007	213,7	53,0	68,3	27,4	10,1	0,8	1,3	0,0	5,0	55,0	15,0	91,8
2008	214,0	197,5	192,5	21,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,6	42,2	54,8
2009	96,3	120,0	100,4	30,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	167,3	157,8
2010	102,8	101,1	79,9	58,2	28,0	0,0	0,0	0,0	29,0	46,1	78,2	102,3
2011	111,4	100,8	147,7	35,5	5,4	4,9	2,0	0,0	29,0	25,1	74,0	83,6
2012	124,4	91,0	15,8	114,7	32,9	5,1	0,0	2,4	6,1	101,7	52,6	76,7
2013	20,0	108,0	15,7	0,0	3,0	89,0	0,9	0,0	6,4	102,0	71,0	51,5
2014	336,0	89,5	115,1									
Prom	138	114	91	41	16	8	3	3	14	44	69	104



## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfyN | Ingeniería Civil

### Curva H-A-V de la laguna Mar Chiquita utilizada en el modelo LAMBDA 3 y 3.1

Nivel - H [m]	Area - A [1000 Km <sup>2</sup> ]	Vol. - V [Km <sup>3</sup> ]
62,03	0	0
62,10	0,054	0,002
62,60	0,374	0,109
63,10	0,720	0,382
63,60	1,056	0,826
64,06	1,115	1,326
64,10	1,213	1,372
64,60	1,370	2,018
65,10	1,516	2,740
65,60	1,688	3,541
66,05	1,778	4,320
66,10	1,916	4,413
66,14	1,941	4,490
66,15	2,034	4,510
66,16	2,051	4,530
66,39	2,221	5,021
68,70	4,210	12,449
68,80	4,481	12,883
69,14	4,707	14,445
69,52	4,982	16,277
69,58	5,142	16,591
69,95	5,345	18,531
70,75	5,533	22,864
71,14	5,880	25,109
71,29	6,198	25,994
71,45	6,352	27,030
71,77	6,500	29,043
71,79	6,553	29,206
71,80	6,700	29,273

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfN | Ingeniería Civil

### Serie final utilizada en el modelo LAMBDA 3.1

“Precipitaciones en los Bañados” período trimestral 1968-2000

Trimestral					
Fecha	[mm]	Fecha	[mm]	Fecha	[mm]
mar-68	174,13	jun-80	188,89	sep-92	99,91
jun-68	149,44	sep-80	48,37	dic-92	545,91
sep-68	281,80	dic-80	341,78	mar-93	421,34
dic-68	222,60	mar-81	586,88	jun-93	67,24
mar-69	144,86	jun-81	213,03	sep-93	22,08
jun-69	189,28	sep-81	13,55	dic-93	308,67
sep-69	207,60	dic-81	323,48	mar-94	414,56
dic-69	206,65	mar-82	307,20	jun-94	233,58
mar-70	306,64	jun-82	166,94	sep-94	11,53
jun-70	42,20	sep-82	175,47	dic-94	265,01
sep-70	63,72	dic-82	334,03	mar-95	306,04
dic-70	178,99	mar-83	482,02	jun-95	48,45
mar-71	617,58	jun-83	97,37	sep-95	10,64
jun-71	66,47	sep-83	59,46	dic-95	227,40
sep-71	32,34	dic-83	279,95	mar-96	357,32
dic-71	200,64	mar-84	674,47	jun-96	152,43
mar-72	303,15	jun-84	55,02	sep-96	104,07
jun-72	187,39	sep-84	143,18	dic-96	265,42
sep-72	145,23	dic-84	400,67	mar-97	385,90
dic-72	310,81	mar-85	329,25	jun-97	56,17
mar-73	369,92	jun-85	105,94	sep-97	32,81
jun-73	323,81	sep-85	118,61	dic-97	433,07
sep-73	16,61	dic-85	324,02	mar-98	358,59
dic-73	217,43	mar-86	163,74	jun-98	90,08
mar-74	606,39	jun-86	194,31	sep-98	37,81
jun-74	134,01	sep-86	154,74	dic-98	226,09
sep-74	46,35	dic-86	316,77	mar-99	506,80
dic-74	329,69	mar-87	441,64	jun-99	97,18
mar-75	347,06	jun-87	105,70	sep-99	11,79
jun-75	236,60	sep-87	19,09	dic-99	323,76
sep-75	133,93	dic-87	286,40	mar-00	484,34
dic-75	188,28	mar-88	415,53	jun-00	113,47
mar-76	482,06	jun-88	5,29	sep-00	31,50
jun-76	45,13	sep-88	69,24	dic-00	357,33
sep-76	38,20	dic-88	95,35		
dic-76	374,86	mar-89	321,20		
mar-77	522,57	jun-89	175,88		
jun-77	130,58	sep-89	20,96		
sep-77	34,24	dic-89	166,85		
dic-77	472,09	mar-90	612,38		
mar-78	610,83	jun-90	42,29		
jun-78	51,89	sep-90	14,66		
sep-78	84,05	dic-90	275,10		
dic-78	357,36	mar-91	188,44		
mar-79	363,03	jun-91	169,09		
jun-79	109,94	sep-91	76,37		
sep-79	60,30	dic-91	300,55		
dic-79	178,31	mar-92	327,50		
mar-80	322,36	jun-92	184,47		

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfN | Ingeniería Civil

### Serie final utilizada en el modelo LAMBDA 3.1 "Precipitaciones en los Bañados" período mensual 2001-2013

Mensual							
Fecha	[mm]	Fecha	[mm]	Fecha	[mm]	Fecha	[mm]
ene-01	137,09	feb-05	293,00	mar-09	206,86	abr-13	3,83
feb-01	201,60	mar-05	293,00	abr-09	64,50	may-13	9,90
mar-01	148,22	abr-05	266,00	may-09	15,96	jun-13	183,81
abr-01	158,13	may-05	8,48	jun-09	3,83	jul-13	5,65
may-01	31,33	jun-05	37,40	jul-09	3,83	ago-13	3,83
jun-01	40,23	jul-05	5,25	ago-09	3,83	sep-13	16,77
jul-01	3,83	ago-05	3,83	sep-09	3,83	oct-13	210,10
ago-01	11,92	sep-05	28,10	oct-09	5,85	nov-13	147,41
sep-01	143,36	oct-05	67,13	nov-09	342,15	dic-13	107,97
oct-01	131,23	nov-05	99,28	dic-09	322,93		
nov-01	287,34	dic-05	355,09	ene-10	211,71		
dic-01	267,12	ene-06	212,12	feb-10	208,28		
ene-02	268,34	feb-06	143,36	mar-10	165,41		
feb-02	249,93	mar-06	181,79	abr-10	121,52		
mar-02	218,18	abr-06	141,95	may-10	60,45		
abr-02	41,24	may-06	3,83	jun-10	3,83		
may-02	95,23	jun-06	13,74	jul-10	3,83		
jun-02	14,55	jul-06	4,64	ago-10	3,83		
jul-02	11,72	ago-06	3,83	sep-10	62,48		
ago-02	3,83	sep-06	3,83	oct-10	97,05		
sep-02	3,83	oct-06	71,78	nov-10	161,97		
oct-02	426,47	nov-06	122,13	dic-10	210,70		
nov-02	84,92	dic-06	154,08	ene-11	229,10		
dic-02	307,97	ene-07	435,98	feb-11	207,67		
ene-03	116,06	feb-07	111,01	mar-11	302,51		
feb-03	31,54	mar-07	141,95	abr-11	75,62		
mar-03	363,38	abr-07	59,24	may-11	14,75		
abr-03	99,28	may-07	24,26	jun-11	13,74		
may-03	24,05	jun-07	5,45	jul-11	7,88		
jun-03	13,94	jul-07	6,46	ago-11	3,83		
jul-03	3,83	ago-07	3,83	sep-11	62,48		
ago-03	8,08	sep-07	13,94	oct-11	54,59		
sep-03	26,08	oct-07	115,05	nov-11	153,47		
oct-03	85,12	nov-07	34,16	dic-11	172,89		
nov-03	26,68	dic-07	189,47	ene-12	255,39		
dic-03	188,66	ene-08	436,58	feb-12	187,85		
ene-04	236,79	feb-08	403,22	mar-12	35,78		
feb-04	128,80	mar-08	393,11	abr-12	235,78		
mar-04	73,00	abr-08	46,30	may-12	70,36		
abr-04	63,00	may-08	5,85	jun-12	14,14		
may-04	5,00	jun-08	3,83	jul-12	3,83		
jun-04	23,00	jul-08	3,83	ago-12	8,68		
jul-04	3,35	ago-08	3,83	sep-12	16,17		
ago-04	0,00	sep-08	3,83	oct-12	209,49		
sep-04	2,00	oct-08	41,44	nov-12	110,20		
oct-04	8,00	nov-08	89,17	dic-12	158,93		
nov-04	44,00	dic-08	114,65	ene-13	44,28		
dic-04	88,00	ene-09	198,57	feb-13	222,23		
ene-05	70,00	feb-09	246,50	mar-13	35,58		

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfN | Ingeniería Civil

### Serie final utilizada en el modelo LAMBDA 3.1

“Evapotranspiración en los Bañados” período trimestral 1968-2000

Trimestral					
Fecha	[mm]	Fecha	[mm]	Fecha	[mm]
mar-68	136,68	jun-80	181,17	sep-92	112,74
jun-68	198,46	sep-80	39,06	dic-92	465,55
sep-68	326,10	dic-80	316,68	mar-93	432,46
dic-68	181,74	mar-81	523,28	jun-93	59,02
mar-69	130,69	jun-81	229,90	sep-93	19,17
jun-69	232,26	sep-81	10,96	dic-93	305,94
sep-69	283,63	dic-81	337,65	mar-94	419,87
dic-69	191,19	mar-82	319,16	jun-94	185,45
mar-70	329,15	jun-82	204,05	sep-94	5,44
jun-70	36,99	sep-82	186,95	dic-94	310,82
sep-70	72,51	dic-82	330,80	mar-95	332,54
dic-70	208,79	mar-83	446,73	jun-95	48,40
mar-71	538,68	jun-83	81,54	sep-95	5,99
jun-71	81,02	sep-83	60,47	dic-95	253,64
sep-71	28,37	dic-83	286,87	mar-96	385,82
dic-71	227,73	mar-84	548,11	jun-96	191,38
mar-72	350,07	jun-84	58,33	sep-96	124,10
jun-72	217,81	sep-84	170,58	dic-96	291,87
sep-72	156,24	dic-84	360,73	mar-97	382,82
dic-72	306,28	mar-85	353,72	jun-97	49,36
mar-73	376,61	jun-85	88,07	sep-97	35,23
jun-73	315,25	sep-85	115,77	dic-97	421,77
sep-73	18,00	dic-85	302,58	mar-98	319,44
dic-73	239,92	mar-86	138,39	jun-98	141,64
mar-74	521,75	jun-86	211,11	sep-98	117,85
jun-74	146,27	sep-86	156,09	dic-98	340,94
sep-74	52,97	dic-86	312,14	mar-99	342,79
dic-74	321,87	mar-87	404,96	jun-99	117,47
mar-75	338,70	jun-87	113,02	sep-99	111,61
jun-75	244,95	sep-87	18,56	dic-99	308,85
sep-75	144,52	dic-87	298,53	mar-00	335,43
dic-75	182,98	mar-88	410,43	jun-00	130,97
mar-76	473,65	jun-88	4,84	sep-00	96,43
jun-76	40,54	sep-88	54,81	dic-00	312,61
sep-76	34,13	dic-88	87,10		
dic-76	361,70	mar-89	336,97		
mar-77	449,05	jun-89	158,90		
jun-77	142,47	sep-89	17,58		
sep-77	27,69	dic-89	161,37		
dic-77	448,25	mar-90	556,83		
mar-78	550,54	jun-90	45,35		
jun-78	48,08	sep-90	7,85		
sep-78	77,97	dic-90	241,08		
dic-78	344,19	mar-91	185,27		
mar-79	330,70	jun-91	142,81		
jun-79	108,09	sep-91	78,83		
sep-79	58,88	dic-91	247,34		
dic-79	190,41	mar-92	315,15		
mar-80	351,30	jun-92	207,46		

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfN | Ingeniería Civil

### Serie final utilizada en el modelo LAMBDA 3.1 “Evapotranspiración en los Bañados” período mensual 2001-2013

Mensual							
Fecha	[mm]	Fecha	[mm]	Fecha	[mm]	Fecha	[mm]
ene-01	175,95	feb-05	145,95	mar-09	147,74	abr-13	114,00
feb-01	171,35	mar-05	117,11	abr-09	121,10	may-13	75,69
mar-01	153,02	abr-05	116,69	may-09	77,89	jun-13	63,82
abr-01	98,39	may-05	69,17	jun-09	57,61	jul-13	58,60
may-01	69,64	jun-05	62,74	jul-09	52,81	ago-13	61,24
jun-01	62,15	jul-05	58,57	ago-09	77,30	sep-13	83,55
jul-01	58,30	ago-05	68,35	sep-09	74,96	oct-13	125,02
ago-01	80,47	sep-05	71,17	oct-09	134,22	nov-13	146,96
sep-01	78,57	oct-05	103,75	nov-09	184,58	dic-13	225,60
oct-01	116,62	nov-05	160,14	dic-09	156,47		
nov-01	126,38	dic-05	157,84	ene-10	166,17		
dic-01	135,37	ene-06	174,89	feb-10	168,11		
ene-02	156,98	feb-06	168,55	mar-10	151,23		
feb-02	144,81	mar-06	131,71	abr-10	94,34		
mar-02	143,52	abr-06	101,59	may-10	65,89		
abr-02	91,36	may-06	63,55	jun-10	60,83		
may-02	83,96	jun-06	64,84	jul-10	54,58		
jun-02	55,60	jul-06	68,36	ago-10	66,31		
jul-02	58,77	ago-06	63,76	sep-10	92,40		
ago-02	74,77	sep-06	84,98	oct-10	109,01		
sep-02	92,21	oct-06	137,72	nov-10	128,45		
oct-02	133,19	nov-06	148,56	dic-10	160,32		
nov-02	138,22	dic-06	166,98	ene-11	162,43		
dic-02	142,65	ene-07	164,75	feb-11	144,17		
ene-03	173,23	feb-07	164,25	mar-11	122,45		
feb-03	175,16	mar-07	125,12	abr-11	100,10		
mar-03	134,61	abr-07	106,13	may-11	76,09		
abr-03	91,11	may-07	63,34	jun-11	61,01		
may-03	74,80	jun-07	55,70	jul-11	59,20		
jun-03	71,80	jul-07	51,21	ago-11	64,53		
jul-03	55,10	ago-07	58,77	sep-11	96,97		
ago-03	61,56	sep-07	97,54	oct-11	115,07		
sep-03	89,78	oct-07	136,78	nov-11	153,83		
oct-03	134,58	nov-07	143,54	dic-11	158,19		
nov-03	159,66	dic-07	165,76	ene-12	188,16		
dic-03	151,38	ene-08	165,18	feb-12	205,04		
ene-04	173,98	feb-08	155,06	mar-12	150,04		
feb-04	143,84	mar-08	129,44	abr-12	100,50		
mar-04	111,65	abr-08	94,69	may-12	80,95		
abr-04	67,20	may-08	74,04	jun-12	56,21		
may-04	26,02	jun-08	52,81	jul-12	50,80		
jun-04	35,28	jul-08	74,22	ago-12	70,05		
jul-04	67,69	ago-08	69,75	sep-12	102,02		
ago-04	83,02	sep-08	79,10	oct-12	124,24		
sep-04	132,16	oct-08	124,98	nov-12	153,99		
oct-04	113,75	nov-08	155,21	dic-12	200,17		
nov-04	160,23	dic-08	172,68	ene-13	205,14		
dic-04	235,76	ene-09	154,83	feb-13	171,75		
ene-05	285,95	feb-09	160,05	mar-13	130,00		

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCFyN | Ingeniería Civil

### Serie final utilizada en el modelo LAMBDA 3.1 "Caudal de Los Quiroga" período trimestral 1968-2000

Trimestral					
Fecha	[m <sup>3</sup> /s]	Fecha	[m <sup>3</sup> /s]	Fecha	[m <sup>3</sup> /s]
mar-68	93,70	jun-80	122,90	sep-92	32,29
jun-68	17,07	sep-80	54,76	dic-92	135,68
sep-68	4,40	dic-80	57,42	mar-93	342,05
dic-68	56,17	mar-81	513,95	jun-93	59,32
mar-69	62,90	jun-81	258,45	sep-93	44,89
jun-69	62,42	sep-81	38,40	dic-93	50,81
sep-69	27,45	dic-81	49,18	mar-94	88,56
dic-69	9,96	mar-82	150,35	jun-94	34,07
mar-70	67,69	jun-82	108,03	sep-94	22,79
jun-70	68,76	sep-82	69,38	dic-94	29,87
sep-70	2,46	dic-82	83,34	mar-95	117,26
dic-70	9,44	mar-83	397,22	jun-95	43,90
mar-71	87,73	jun-83	76,49	sep-95	96,84
jun-71	92,47	sep-83	66,45	dic-95	9,03
sep-71	16,95	dic-83	75,31	mar-96	50,25
dic-71	2,24	mar-84	420,40	jun-96	11,58
mar-72	15,83	jun-84	262,98	sep-96	5,20
jun-72	0,70	sep-84	65,24	dic-96	38,77
sep-72	3,45	dic-84	79,64	mar-97	312,27
dic-72	9,93	mar-85	348,44	jun-97	34,72
mar-73	63,32	jun-85	113,87	sep-97	68,04
jun-73	106,54	sep-85	80,23	dic-97	73,35
sep-73	54,25	dic-85	203,29	mar-98	225,54
dic-73	18,13	mar-86	251,24	jun-98	145,98
mar-74	267,37	jun-86	86,31	sep-98	84,87
jun-74	118,06	sep-86	79,09	dic-98	114,48
sep-74	20,25	dic-86	94,72	mar-99	241,47
dic-74	19,96	mar-87	246,70	jun-99	172,53
mar-75	167,15	jun-87	31,90	sep-99	106,11
jun-75	124,70	sep-87	3,65	dic-99	79,00
sep-75	34,27	dic-87	14,10	mar-00	537,00
dic-75	25,13	mar-88	298,81	jun-00	169,60
mar-76	208,81	jun-88	102,32	sep-00	27,40
jun-76	90,90	sep-88	3,09	dic-00	163,10
sep-76	30,68	dic-88	15,28		
dic-76	41,59	mar-89	16,49		
mar-77	286,66	jun-89	2,50		
jun-77	229,01	sep-89	5,19		
sep-77	52,68	dic-89	16,86		
dic-77	105,34	mar-90	113,29		
mar-78	412,41	jun-90	121,40		
jun-78	125,94	sep-90	24,07		
sep-78	20,02	dic-90	26,77		
dic-78	40,49	mar-91	207,22		
mar-79	403,13	jun-91	121,08		
jun-79	201,18	sep-91	57,61		
sep-79	82,80	dic-91	26,44		
dic-79	87,47	mar-92	244,08		
mar-80	159,20	jun-92	159,79		



## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfYN | Ingeniería Civil

### Serie final utilizada en el modelo LAMBDA 3.1 "Caudal de Los Quiroga" período mensual 2001-2013

Mensual							
Fecha	[m <sup>3</sup> /s]	Fecha	[m <sup>3</sup> /s]	Fecha	[m <sup>3</sup> /s]	Fecha	[m <sup>3</sup> /s]
ene-01	297,30	feb-05	28,06	mar-09	97,71	abr-13	0,00
feb-01	442,30	mar-05	23,09	abr-09	49,28	may-13	0,00
mar-01	339,63	abr-05	38,08	may-09	63,78	jun-13	0,00
abr-01	372,68	may-05	99,14	jun-09	80,12	jul-13	0,00
may-01	169,71	jun-05	85,72	jul-09	28,72	ago-13	0,00
jun-01	168,62	jul-05	15,05	ago-09	34,06	sep-13	0,00
jul-01	56,55	ago-05	36,71	sep-09	60,68	oct-13	0,00
ago-01	25,95	sep-05	32,54	oct-09	35,60	nov-13	0,00
sep-01	56,41	oct-05	29,46	nov-09	42,94	dic-13	0,00
oct-01	68,34	nov-05	44,81	dic-09	44,80		
nov-01	122,34	dic-05	69,87	ene-10	94,10		
dic-01	207,09	ene-06	285,27	feb-10	125,29		
ene-02	155,65	feb-06	167,55	mar-10	233,65		
feb-02	212,50	mar-06	63,47	abr-10	108,26		
mar-02	311,43	abr-06	192,34	may-10	69,47		
abr-02	232,80	may-06	110,99	jun-10	82,00		
may-02	95,96	jun-06	64,09	jul-10	61,76		
jun-02	71,15	jul-06	29,51	ago-10	32,06		
jul-02	47,63	ago-06	43,82	sep-10	27,78		
ago-02	60,49	sep-06	36,64	oct-10	35,23		
sep-02	52,97	oct-06	33,13	nov-10	46,07		
oct-02	83,46	nov-06	43,74	dic-10	69,44		
nov-02	61,45	dic-06	86,53	ene-11	90,39		
dic-02	335,74	ene-07	486,42	feb-11	538,24		
ene-03	361,74	feb-07	503,70	mar-11	473,43		
feb-03	64,09	mar-07	226,07	abr-11	82,38		
mar-03	47,41	abr-07	70,01	may-11	73,28		
abr-03	71,80	may-07	101,97	jun-11	76,21		
may-03	67,52	jun-07	41,18	jul-11	84,18		
jun-03	19,74	jul-07	29,87	ago-11	42,82		
jul-03	30,29	ago-07	32,48	sep-11	0,00		
ago-03	30,37	sep-07	18,52	oct-11	0,00		
sep-03	33,09	oct-07	17,17	nov-11	0,00		
oct-03	58,50	nov-07	29,19	dic-11	0,00		
nov-03	20,36	dic-07	39,28	ene-12	0,00		
dic-03	11,73	ene-08	188,00	feb-12	0,00		
ene-04	16,70	feb-08	362,81	mar-12	0,00		
feb-04	29,34	mar-08	234,92	abr-12	0,00		
mar-04	31,19	abr-08	268,40	may-12	0,00		
abr-04	47,30	may-08	86,89	jun-12	0,00		
may-04	78,91	jun-08	51,24	jul-12	0,00		
jun-04	65,09	jul-08	38,32	ago-12	0,00		
jul-04	19,15	ago-08	50,40	sep-12	0,00		
ago-04	15,93	sep-08	40,73	oct-12	0,00		
sep-04	42,24	oct-08	40,09	nov-12	0,00		
oct-04	30,46	nov-08	39,98	dic-12	0,00		
nov-04	55,50	dic-08	39,43	ene-13	0,00		
dic-04	49,77	ene-09	54,90	feb-13	0,00		
ene-05	43,45	feb-09	64,84	mar-13	0,00		

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfN | Ingeniería Civil

### Serie final utilizada en el modelo LAMBDA 3.1 "Precipitación en la Laguna" período trimestral 1968-2000

Trimestral					
Fecha	[mm]	Fecha	[mm]	Fecha	[mm]
mar-68	282,93	jun-80	151,76	sep-92	82,66
jun-68	53,43	sep-80	54,89	dic-92	453,86
sep-68	93,21	dic-80	329,82	mar-93	343,31
dic-68	286,04	mar-81	511,68	jun-93	78,60
mar-69	209,98	jun-81	176,80	sep-93	17,48
jun-69	72,69	sep-81	24,88	dic-93	254,66
sep-69	18,43	dic-81	304,22	mar-94	337,61
dic-69	311,23	mar-82	273,76	jun-94	119,38
mar-70	378,01	jun-82	151,13	sep-94	22,90
jun-70	35,55	sep-82	116,36	dic-94	228,16
sep-70	35,68	dic-82	241,77	mar-95	335,47
dic-70	196,50	mar-83	470,84	jun-95	72,86
mar-71	460,15	jun-83	91,07	sep-95	13,53
jun-71	72,36	sep-83	72,96	dic-95	251,57
sep-71	37,63	dic-83	254,83	mar-96	247,01
dic-71	127,07	mar-84	440,37	jun-96	97,60
mar-72	246,84	jun-84	49,90	sep-96	79,90
jun-72	139,30	sep-84	127,22	dic-96	255,75
sep-72	138,40	dic-84	302,30	mar-97	257,68
dic-72	222,56	mar-85	209,29	jun-97	30,58
mar-73	500,43	jun-85	89,54	sep-97	123,64
jun-73	321,46	sep-85	130,61	dic-97	323,34
sep-73	28,62	dic-85	266,12	mar-98	282,33
dic-73	211,36	mar-86	265,16	jun-98	91,47
mar-74	438,04	jun-86	115,17	sep-98	8,87
jun-74	110,16	sep-86	125,40	dic-98	169,30
sep-74	40,58	dic-86	235,51	mar-99	133,47
dic-74	273,07	mar-87	437,12	jun-99	268,76
mar-75	463,68	jun-87	136,83	sep-99	49,79
jun-75	183,77	sep-87	24,24	dic-99	145,25
sep-75	131,02	dic-87	244,79	mar-00	314,34
dic-75	155,36	mar-88	370,06	jun-00	219,92
mar-76	280,89	jun-88	13,13	sep-00	51,20
jun-76	52,44	sep-88	66,74	dic-00	272,97
sep-76	45,73	dic-88	124,35		
dic-76	347,44	mar-89	275,78		
mar-77	517,39	jun-89	182,13		
jun-77	80,75	sep-89	55,23		
sep-77	55,39	dic-89	222,35		
dic-77	465,24	mar-90	438,87		
mar-78	582,11	jun-90	96,40		
jun-78	63,86	sep-90	36,32		
sep-78	83,70	dic-90	367,24		
dic-78	309,19	mar-91	233,99		
mar-79	324,27	jun-91	187,95		
jun-79	97,31	sep-91	92,41		
sep-79	58,17	dic-91	386,66		
dic-79	266,05	mar-92	299,14		
mar-80	282,22	jun-92	153,10		

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfN | Ingeniería Civil

### Serie final utilizada en el modelo LAMBDA 3.1 "Precipitación en la Laguna" período mensual 2001-2013

Mensual							
Fecha	[mm]	Fecha	[mm]	Fecha	[mm]	Fecha	[mm]
ene-01	313,00	feb-05	142,20	mar-09	265,20	abr-13	5,81
feb-01	121,20	mar-05	205,20	abr-09	17,61	may-13	3,12
mar-01	116,36	abr-05	65,00	may-09	22,10	jun-13	30,71
abr-01	11,00	may-05	1,40	jun-09	3,60	jul-13	4,64
may-01	1,00	jun-05	3,80	jul-09	22,20	ago-13	0,00
jun-01	5,20	jul-05	12,00	ago-09	0,00	sep-13	25,87
jul-01	0,30	ago-05	34,40	sep-09	58,44	oct-13	57,14
ago-01	39,40	sep-05	3,00	oct-09	51,74	nov-13	86,49
sep-01	49,60	oct-05	42,80	nov-09	126,16	dic-13	40,99
oct-01	79,60	nov-05	60,00	dic-09	80,32		
nov-01	186,96	dic-05	28,00	ene-10	99,69		
dic-01	136,00	ene-06	88,20	feb-10	65,22		
ene-02	120,08	feb-06	120,70	mar-10	121,98		
feb-02	42,76	mar-06	185,50	abr-10	39,82		
mar-02	168,80	abr-06	95,00	may-10	12,60		
abr-02	48,40	may-06	3,00	jun-10	1,40		
may-02	34,20	jun-06	4,50	jul-10	0,00		
jun-02	1,80	jul-06	0,50	ago-10	0,20		
jul-02	32,64	ago-06	0,00	sep-10	25,80		
ago-02	14,00	sep-06	0,40	oct-10	21,40		
sep-02	43,30	oct-06	44,00	nov-10	34,80		
oct-02	49,70	nov-06	124,00	dic-10	38,20		
nov-02	374,91	dic-06	91,70	ene-11	78,50		
dic-02	135,10	ene-07	43,00	feb-11	0,00		
ene-03	188,00	feb-07	73,00	mar-11	12,00		
feb-03	200,40	mar-07	151,80	abr-11	3,20		
mar-03	111,80	abr-07	24,10	may-11	1,00		
abr-03	96,40	may-07	82,40	jun-11	20,50		
may-03	17,00	jun-07	132,50	jul-11	18,00		
jun-03	3,40	jul-07	91,00	ago-11	1,90		
jul-03	8,60	ago-07	47,50	sep-11	0,00		
ago-03	13,40	sep-07	148,10	oct-11	10,80		
sep-03	2,00	oct-07	48,20	nov-11	41,30		
oct-03	71,00	nov-07	49,10	dic-11	15,00		
nov-03	54,80	dic-07	134,37	ene-12	60,90		
dic-03	34,60	ene-08	169,31	feb-12	132,20		
ene-04	11,00	feb-08	256,00	mar-12	132,20		
feb-04	41,20	mar-08	138,10	abr-12	33,60		
mar-04	124,20	abr-08	90,30	may-12	28,60		
abr-04	73,40	may-08	81,30	jun-12	1,10		
may-04	15,80	jun-08	2,30	jul-12	10,10		
jun-04	20,40	jul-08	3,80	ago-12	67,50		
jul-04	9,40	ago-08	0,00	sep-12	20,70		
ago-04	0,40	sep-08	70,70	oct-12	82,20		
sep-04	4,60	oct-08	153,10	nov-12	90,10		
oct-04	45,60	nov-08	140,90	dic-12	249,90		
nov-04	143,80	dic-08	105,70	ene-13	46,86		
dic-04	62,80	ene-09	116,70	feb-13	112,07		
ene-05	85,00	feb-09	17,20	mar-13	56,67		

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCFyN | Ingeniería Civil

### Serie final utilizada en el modelo LAMBDA 3.1 “Evaporación en la Laguna” período trimestral 1968-2000

Trimestral					
Fecha	[mm]	Fecha	[mm]	Fecha	[mm]
mar-68	276,11	jun-80	217,16	sep-92	457,68
jun-68	213,80	sep-80	501,07	dic-92	467,16
sep-68	438,60	dic-80	394,59	mar-93	278,86
dic-68	562,90	mar-81	288,32	jun-93	203,90
mar-69	352,70	jun-81	197,92	sep-93	351,07
jun-69	256,10	sep-81	448,02	dic-93	431,00
sep-69	492,60	dic-81	412,65	mar-94	266,08
dic-69	468,70	mar-82	185,83	jun-94	186,20
mar-70	294,50	jun-82	208,99	sep-94	344,00
jun-70	233,50	sep-82	395,01	dic-94	400,50
sep-70	504,30	dic-82	382,50	mar-95	230,20
dic-70	484,00	mar-83	283,87	jun-95	169,80
mar-71	254,70	jun-83	233,82	sep-95	415,30
jun-71	203,50	sep-83	444,76	dic-95	435,04
sep-71	479,80	dic-83	463,59	mar-96	248,92
dic-71	547,20	mar-84	263,22	jun-96	415,10
mar-72	294,50	jun-84	242,74	sep-96	415,11
jun-72	222,00	sep-84	410,92	dic-96	474,55
sep-72	611,90	dic-84	434,19	mar-97	276,11
dic-72	537,90	mar-85	263,07	jun-97	275,96
mar-73	370,00	jun-85	251,06	sep-97	391,47
jun-73	206,20	sep-85	390,11	dic-97	436,70
sep-73	560,90	dic-85	389,93	mar-98	351,75
dic-73	700,30	mar-86	241,94	jun-98	365,04
mar-74	255,20	jun-86	243,50	sep-98	367,73
jun-74	208,30	sep-86	391,29	dic-98	353,05
sep-74	553,80	dic-86	413,40	mar-99	349,66
dic-74	683,50	mar-87	230,34	jun-99	367,09
mar-75	316,30	jun-87	200,80	sep-99	367,35
jun-75	190,60	sep-87	401,11	dic-99	354,59
sep-75	527,70	dic-87	456,20	mar-00	350,72
dic-75	592,50	mar-88	265,40	jun-00	364,54
mar-76	326,60	jun-88	266,45	sep-00	369,43
jun-76	241,40	sep-88	472,08	dic-00	353,61
sep-76	594,00	dic-88	476,33		
dic-76	530,80	mar-89	271,67		
mar-77	315,00	jun-89	279,42		
jun-77	263,13	sep-89	455,53		
sep-77	453,49	dic-89	469,49		
dic-77	460,29	mar-90	271,60		
mar-78	277,70	jun-90	276,40		
jun-78	189,32	sep-90	459,19		
sep-78	398,92	dic-90	465,32		
dic-78	392,90	mar-91	279,55		
mar-79	334,00	jun-91	274,03		
jun-79	195,90	sep-91	456,77		
sep-79	420,30	dic-91	466,15		
dic-79	421,54	mar-92	274,72		
mar-80	293,21	jun-92	272,10		

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfN | Ingeniería Civil

### Serie final utilizada en el modelo LAMBDA 3.1 “Evaporación en la Laguna” período mensual 2001-2013

Mensual							
Fecha	[mm]	Fecha	[mm]	Fecha	[mm]	Fecha	[mm]
ene-01	172,52	feb-05	103,15	mar-09	105,47	abr-13	77,28
feb-01	230,08	mar-05	114,65	abr-09	120,24	may-13	61,71
mar-01	143,73	abr-05	63,74	may-09	61,92	jun-13	65,29
abr-01	121,88	may-05	61,72	jun-09	65,56	jul-13	67,66
may-01	66,77	jun-05	62,17	jul-09	67,98	ago-13	67,91
jun-01	75,00	jul-05	64,64	ago-09	62,53	sep-13	62,23
jul-01	89,35	ago-05	62,86	sep-09	61,75	oct-13	100,71
ago-01	105,00	sep-05	62,80	oct-09	62,19	nov-13	119,82
sep-01	48,33	oct-05	67,54	nov-09	72,84	dic-13	340,03
oct-01	37,20	nov-05	114,39	dic-09	73,18		
nov-01	120,54	dic-05	120,27	ene-10	83,95		
dic-01	174,84	ene-06	260,47	feb-10	94,82		
ene-02	169,88	feb-06	202,55	mar-10	74,54		
feb-02	137,57	mar-06	118,19	abr-10	63,44		
mar-02	119,23	abr-06	71,07	may-10	64,02		
abr-02	70,43	may-06	66,56	jun-10	61,69		
may-02	71,62	jun-06	65,09	jul-10	67,36		
jun-02	62,67	jul-06	62,92	ago-10	65,24		
jul-02	34,00	ago-06	69,53	sep-10	61,86		
ago-02	73,00	sep-06	61,70	oct-10	64,45		
sep-02	141,60	oct-06	92,47	nov-10	82,03		
oct-02	122,56	nov-06	110,87	dic-10	104,32		
nov-02	65,36	dic-06	195,33	ene-11	202,88		
dic-02	149,26	ene-07	409,27	feb-11	140,93		
ene-03	201,50	feb-07	152,00	mar-11	106,51		
feb-03	164,00	mar-07	92,79	abr-11	73,51		
mar-03	38,23	abr-07	72,43	may-11	61,72		
abr-03	15,00	may-07	64,09	jun-11	69,86		
may-03	49,32	jun-07	67,59	jul-11	70,10		
jun-03	45,60	jul-07	79,95	ago-11	67,41		
jul-03	36,00	ago-07	76,66	sep-11	63,69		
ago-03	75,78	sep-07	61,76	oct-11	69,90		
sep-03	73,45	oct-07	75,48	nov-11	126,81		
oct-03	83,70	nov-07	112,01	dic-11	163,79		
nov-03	100,00	dic-07	143,57	ene-12	247,76		
dic-03	103,00	ene-08	219,01	feb-12	289,27		
ene-04	274,57	feb-08	155,29	mar-12	119,79		
feb-04	125,67	mar-08	138,96	abr-12	68,16		
mar-04	133,04	abr-08	70,16	may-12	62,02		
abr-04	76,17	may-08	61,72	jun-12	68,75		
may-04	69,08	jun-08	76,55	jul-12	76,44		
jun-04	65,74	jul-08	62,00	ago-12	62,74		
jul-04	65,62	ago-08	65,11	sep-12	65,64		
ago-04	63,76	sep-08	62,15	oct-12	85,24		
sep-04	66,74	oct-08	72,33	nov-12	143,17		
oct-04	75,32	nov-08	109,07	dic-12	217,62		
nov-04	101,96	dic-08	132,80	ene-13	211,62		
dic-04	167,22	ene-09	128,90	feb-13	158,55		
ene-05	123,14	feb-09	190,19	mar-13	91,46		

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCFyN | Ingeniería Civil

### Serie final utilizada en el modelo LAMBDA 3.1 "Caudal del río Primero" período trimestral 1968-2000

Trimestral					
Fecha	[m <sup>3</sup> /s]	Fecha	[m <sup>3</sup> /s]	Fecha	[m <sup>3</sup> /s]
mar-68	11,96	jun-80	27,91	sep-92	5,53
jun-68	5,69	sep-80	4,17	dic-92	23,00
sep-68	2,84	dic-80	7,18	mar-93	18,75
dic-68	11,77	mar-81	21,30	jun-93	7,73
mar-69	9,65	jun-81	39,68	sep-93	3,72
jun-69	5,28	sep-81	7,06	dic-93	11,76
sep-69	1,73	dic-81	5,62	mar-94	19,85
dic-69	4,94	mar-82	7,16	jun-94	6,97
mar-70	5,00	jun-82	10,90	sep-94	3,79
jun-70	2,56	sep-82	4,11	dic-94	6,71
sep-70	2,01	dic-82	8,99	mar-95	10,07
dic-70	3,44	mar-83	22,45	jun-95	4,26
mar-71	5,62	jun-83	12,83	sep-95	2,23
jun-71	3,05	sep-83	4,39	dic-95	8,48
sep-71	1,09	dic-83	10,09	mar-96	12,90
dic-71	7,81	mar-84	22,19	jun-96	8,93
mar-72	6,74	jun-84	8,99	sep-96	3,72
jun-72	3,67	sep-84	5,45	dic-96	10,01
sep-72	5,18	dic-84	11,49	mar-97	12,12
dic-72	7,43	mar-85	18,46	jun-97	3,62
mar-73	18,45	jun-85	6,09	sep-97	3,80
jun-73	24,60	sep-85	6,13	dic-97	10,70
sep-73	2,59	dic-85	12,56	mar-98	10,50
dic-73	0,37	mar-86	12,64	jun-98	5,30
mar-74	1,57	jun-86	5,14	sep-98	4,40
jun-74	4,21	sep-86	4,75	dic-98	5,10
sep-74	0,40	dic-86	8,01	mar-99	6,00
dic-74	0,43	mar-87	17,20	jun-99	16,20
mar-75	9,20	jun-87	9,28	sep-99	4,20
jun-75	13,63	sep-87	4,02	dic-99	33,60
sep-75	0,30	dic-87	9,14	mar-00	16,06
dic-75	0,52	mar-88	21,29	jun-00	11,49
mar-76	0,15	jun-88	6,06	sep-00	4,17
jun-76	0,22	sep-88	4,41	dic-00	8,88
sep-76	0,02	dic-88	5,02		
dic-76	1,91	mar-89	7,55		
mar-77	6,38	jun-89	6,95		
jun-77	0,22	sep-89	4,13		
sep-77	1,64	dic-89	6,49		
dic-77	1,91	mar-90	11,19		
mar-78	28,51	jun-90	5,05		
jun-78	15,63	sep-90	4,09		
sep-78	4,05	dic-90	10,81		
dic-78	8,55	mar-91	12,76		
mar-79	36,77	jun-91	8,23		
jun-79	10,94	sep-91	4,95		
sep-79	5,76	dic-91	10,14		
dic-79	4,41	mar-92	35,44		
mar-80	5,97	jun-92	10,39		

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEyN | Ingeniería Civil

### Serie final utilizada en el modelo LAMBDA 3.1 "Caudal del río Primero" período mensual 2001-2013

Mensual							
Fecha	[m <sup>3</sup> /s]	Fecha	[m <sup>3</sup> /s]	Fecha	[m <sup>3</sup> /s]	Fecha	[m <sup>3</sup> /s]
ene-01	12,51	feb-05	9,87	mar-09	9,04	abr-13	
feb-01	12,06	mar-05	8,10	abr-09	4,19	may-13	
mar-01	20,26	abr-05	4,33	may-09	4,06	jun-13	
abr-01	23,74	may-05	6,32	jun-09	4,04	jul-13	
may-01	9,38	jun-05	3,68	jul-09	3,53	ago-13	
jun-01	6,14	jul-05	2,33	ago-09	3,34	sep-13	
jul-01	6,19	ago-05	4,28	sep-09	3,65	oct-13	
ago-01	5,92	sep-05	4,13	oct-09	3,49	nov-13	
sep-01	5,41	oct-05	3,73	nov-09	3,05	dic-13	
oct-01	5,79	nov-05	3,61	dic-09	3,08		
nov-01	6,32	dic-05	3,72	ene-10	3,21		
dic-01	6,92	ene-06	6,84	feb-10	3,12		
ene-02	8,71	feb-06	6,22	mar-10	3,26		
feb-02	12,87	mar-06	4,25	abr-10	3,84		
mar-02	10,36	abr-06	4,09	may-10	3,66		
abr-02	13,83	may-06	4,36	jun-10	3,42		
may-02	5,78	jun-06	4,54	jul-10	3,63		
jun-02	4,15	jul-06	4,22	ago-10	3,45		
jul-02	4,90	ago-06	3,96	sep-10	3,41		
ago-02	4,51	sep-06	3,97	oct-10	3,36		
sep-02	4,51	oct-06	3,67	nov-10	3,35		
oct-02	4,80	nov-06	3,46	dic-10	3,46		
nov-02	4,17	dic-06	3,35	ene-11	3,46		
dic-02	6,46	ene-07	7,44	feb-11	3,45		
ene-03	11,82	feb-07	7,23	mar-11	3,53		
feb-03	6,11	mar-07	12,50	abr-11	2,94		
mar-03	12,98	abr-07	9,36	may-11	2,44		
abr-03	14,74	may-07	5,07	jun-11	2,33		
may-03	6,96	jun-07	4,35	jul-11	2,28		
jun-03	4,81	jul-07	4,13	ago-11	2,29		
jul-03	4,14	ago-07	4,03	sep-11	2,29		
ago-03	4,70	sep-07	3,85	oct-11	2,28		
sep-03	4,75	oct-07	4,06	nov-11	2,63		
oct-03	4,71	nov-07	4,10	dic-11	3,37		
nov-03	4,11	dic-07	3,88	ene-12			
dic-03	3,73	ene-08	3,76	feb-12			
ene-04	4,10	feb-08	11,21	mar-12			
feb-04	5,01	mar-08	9,61	abr-12			
mar-04	4,50	abr-08	8,30	may-12			
abr-04	15,88	may-08	4,06	jun-12			
may-04	7,05	jun-08	4,01	jul-12			
jun-04	3,60	jul-08	3,76	ago-12			
jul-04	3,14	ago-08	3,75	sep-12			
ago-04	3,44	sep-08	3,98	oct-12			
sep-04	3,98	oct-08	3,61	nov-12			
oct-04	4,07	nov-08	3,64	dic-12			
nov-04	4,21	dic-08	6,81	ene-13			
dic-04	3,72	ene-09	9,12	feb-13			
ene-05	7,90	feb-09	7,11	mar-13			



## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfYN | Ingeniería Civil

### Serie final utilizada en el modelo LAMBDA 3.1 "Caudal del río Segundo" período trimestral 1968-2000

Trimestral					
Fecha	[m <sup>3</sup> /s]	Fecha	[m <sup>3</sup> /s]	Fecha	[m <sup>3</sup> /s]
mar-68	15,52	jun-80	13,01	sep-92	7,65
jun-68	6,89	sep-80	1,80	dic-92	26,79
sep-68	3,41	dic-80	19,18	mar-93	23,49
dic-68	8,23	mar-81	27,14	jun-93	9,58
mar-69	8,39	jun-81	14,42	sep-93	1,31
jun-69	3,09	sep-81	2,05	dic-93	23,20
sep-69	1,80	dic-81	14,65	mar-94	18,39
dic-69	5,74	mar-82	16,68	jun-94	9,68
mar-70	14,23	jun-82	10,16	sep-94	3,06
jun-70	5,22	sep-82	2,76	dic-94	9,76
sep-70	3,88	dic-82	12,47	mar-95	17,07
dic-70	7,66	mar-83	29,25	jun-95	5,61
mar-71	13,61	jun-83	5,39	sep-95	0,93
jun-71	8,14	sep-83	3,14	dic-95	16,71
sep-71	5,10	dic-83	13,53	mar-96	25,18
dic-71	4,78	mar-84	23,44	jun-96	10,88
mar-72	3,44	jun-84	6,73	sep-96	2,18
jun-72	2,91	sep-84	8,28	dic-96	20,83
sep-72	3,10	dic-84	18,59	mar-97	10,06
dic-72	12,15	mar-85	15,32	jun-97	1,53
mar-73	40,39	jun-85	5,52	sep-97	7,80
jun-73	32,80	sep-85	7,17	dic-97	8,96
sep-73	24,02	dic-85	15,27	mar-98	15,61
dic-73	19,77	mar-86	18,18	jun-98	10,11
mar-74	24,90	jun-86	8,22	sep-98	10,33
jun-74	17,57	sep-86	4,29	dic-98	10,64
sep-74	16,65	dic-86	8,84	mar-99	9,87
dic-74	17,09	mar-87	26,27	jun-99	12,44
mar-75	30,76	jun-87	11,23	sep-99	10,89
jun-75	14,83	sep-87	1,93	dic-99	22,51
sep-75	5,61	dic-87	9,29	mar-00	29,61
dic-75	7,93	mar-88	24,32	jun-00	20,49
mar-76	15,63	jun-88	7,19	sep-00	9,85
jun-76	4,98	sep-88	4,05	dic-00	9,02
sep-76	2,99	dic-88	8,03		
dic-76	19,36	mar-89	15,99		
mar-77	21,15	jun-89	8,06		
jun-77	6,96	sep-89	3,68		
sep-77	2,04	dic-89	12,92		
dic-77	36,40	mar-90	17,01		
mar-78	32,90	jun-90	6,47		
jun-78	9,29	sep-90	3,08		
sep-78	7,00	dic-90	21,08		
dic-78	18,86	mar-91	15,49		
mar-79	18,95	jun-91	18,46		
jun-79	6,77	sep-91	5,03		
sep-79	3,99	dic-91	24,77		
dic-79	18,63	mar-92	16,18		
mar-80	18,63	jun-92	11,72		

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfN | Ingeniería Civil

### Serie final utilizada en el modelo LAMBDA 3.1 "Caudal del río Segundo" período mensual 2001-2013

Mensual							
Fecha	[m <sup>3</sup> /s]	Fecha	[m <sup>3</sup> /s]	Fecha	[m <sup>3</sup> /s]	Fecha	[m <sup>3</sup> /s]
ene-01	13,19	feb-05	5,81	mar-09	7,68	abr-13	
feb-01	16,71	mar-05	5,82	abr-09	7,54	may-13	
mar-01	16,05	abr-05	5,89	may-09	7,68	jun-13	
abr-01	25,85	may-05	6,32	jun-09	8,01	jul-13	
may-01	17,45	jun-05	6,52	jul-09	5,81	ago-13	
jun-01	12,18	jul-05	7,33	ago-09	4,05	sep-13	
jul-01	12,18	ago-05	6,83	sep-09	3,84	oct-13	
ago-01	11,77	sep-05	8,01	oct-09	3,87	nov-13	
sep-01	11,43	oct-05	7,01	nov-09	3,88	dic-13	
oct-01	11,06	nov-05	6,64	dic-09	3,78		
nov-01	12,76	dic-05	7,60	ene-10	5,96		
dic-01	12,89	ene-06	7,40	feb-10	4,81		
ene-02	13,97	feb-06	19,77	mar-10	4,30		
feb-02	17,55	mar-06	18,73	abr-10	4,28		
mar-02	22,83	abr-06	10,06	may-10	4,96		
abr-02	19,81	may-06	10,16	jun-10	4,33		
may-02	13,17	jun-06	10,31	jul-10	4,49		
jun-02	10,38	jul-06	9,59	ago-10	3,92		
jul-02	11,09	ago-06	9,34	sep-10	3,83		
ago-02	11,43	sep-06	7,35	oct-10	3,84		
sep-02	11,76	oct-06	7,02	nov-10	4,29		
oct-02	11,36	nov-06	6,84	dic-10	4,20		
nov-02	8,69	dic-06	6,67	ene-11	4,08		
dic-02	7,03	ene-07	8,72	feb-11	6,12		
ene-03	9,02	feb-07	20,35	mar-11	14,34		
feb-03	9,38	mar-07	20,13	abr-11	7,62		
mar-03	8,17	abr-07	21,13	may-11			
abr-03	8,24	may-07	7,62	jun-11			
may-03	8,11	jun-07	7,78	jul-11			
jun-03	8,76	jul-07	8,32	ago-11			
jul-03	8,96	ago-07	8,27	sep-11			
ago-03	8,55	sep-07	7,47	oct-11			
sep-03	8,52	oct-07	7,69	nov-11			
oct-03	8,22	nov-07	7,68	dic-11			
nov-03	6,96	dic-07	7,31	ene-12			
dic-03	6,94	ene-08	7,00	feb-12			
ene-04	7,05	feb-08	12,14	mar-12			
feb-04	7,08	mar-08	19,67	abr-12			
mar-04	7,17	abr-08	17,72	may-12			
abr-04	7,08	may-08	8,95	jun-12			
may-04	8,05	jun-08	10,21	jul-12			
jun-04	9,01	jul-08	9,02	ago-12			
jul-04	9,15	ago-08	8,64	sep-12			
ago-04	7,98	sep-08	6,99	oct-12			
sep-04	6,31	oct-08	6,69	nov-12			
oct-04	4,25	nov-08	6,70	dic-12			
nov-04	4,34	dic-08	6,76	ene-13			
dic-04	4,53	ene-09	8,00	feb-13			
ene-05	5,43	feb-09	7,91	mar-13			

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfYN | Ingeniería Civil

### Serie final utilizada en el modelo LAMBDA 3.1

“Nivel de la laguna Mar Chiquita medido in situ” período trimestral 1968-2000

Trimestral					
Fecha	[m]	Fecha	[m]	Fecha	[m]
mar-68	64,86	jun-80	69,50	sep-92	70,08
jun-68	65,05	sep-80	69,49	dic-92	70,24
sep-68	65,58	dic-80	69,42	mar-93	70,66
dic-68	64,58	mar-81	70,12	jun-93	70,84
mar-69	64,37	jun-81	70,63	sep-93	70,65
jun-69	64,34	sep-81	70,65	dic-93	70,69
sep-69	64,20	dic-81	70,51	mar-94	70,73
dic-69	64,28	mar-82	70,56	jun-94	70,83
mar-70	64,36	jun-82	70,51	sep-94	70,74
jun-70	64,45	sep-82	70,45	dic-94	70,42
sep-70	64,53	dic-82	70,44	mar-95	70,32
dic-70	64,53	mar-83	70,52	jun-95	69,99
mar-71	64,43	jun-83	70,80	sep-95	69,75
jun-71	64,46	sep-83	70,80	dic-95	69,19
sep-71	64,47	dic-83	70,55	mar-96	69,09
dic-71	64,26	mar-84	70,72	jun-96	69,18
mar-72	64,07	jun-84	70,98	sep-96	69,06
jun-72	64,05	sep-84	71,12	dic-96	68,78
sep-72	64,09	dic-84	71,04	mar-97	68,72
dic-72	64,09	mar-85	71,05	jun-97	68,58
mar-73	64,83	jun-85	71,11	sep-97	68,40
jun-73	65,73	sep-85	71,19	dic-97	
sep-73	66,04	dic-85	71,23	mar-98	
dic-73	66,07	mar-86	71,11	jun-98	69,35
mar-74	66,10	jun-86	71,02	sep-98	
jun-74	66,13	sep-86	71,21	dic-98	
sep-74	66,16	dic-86	71,13	mar-99	
dic-74	66,19	mar-87	71,05	jun-99	69,55
mar-75	66,22	jun-87	71,40	sep-99	
jun-75	66,25	sep-87	71,18	dic-99	
sep-75	66,45	dic-87	70,95	mar-00	0,00
dic-75	66,22	mar-88	70,92	jun-00	70,02
mar-76	66,12	jun-88	70,80	sep-00	
jun-76	66,05	sep-88	70,71	dic-00	
sep-76	66,88	dic-88	70,27		
dic-76	66,72	mar-89	70,04		
mar-77	66,55	jun-89	70,07		
jun-77	66,68	sep-89	69,88		
sep-77	67,02	dic-89	69,52		
dic-77	67,70	mar-90	69,62		
mar-78	69,00	jun-90	69,72		
jun-78	69,15	sep-90	69,49		
sep-78	69,20	dic-90	69,37		
dic-78	69,30	mar-91	69,30		
mar-79	69,29	jun-91	69,42		
jun-79	69,41	sep-91	69,50		
sep-79	69,57	dic-91	69,50		
dic-79	69,57	mar-92	69,66		
mar-80	69,41	jun-92	70,00		

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfN | Ingeniería Civil

### Serie final utilizada en el modelo LAMBDA 3.1

“Nivel de la laguna Mar Chiquita medido in situ” período mensual 2001-2013

Mensual							
Fecha	[m]	Fecha	[m]	Fecha	[m]	Fecha	[m]
ene-01	70,39	feb-05	70,66	mar-09	69,04	abr-13	
feb-01	70,47	mar-05	70,64	abr-09	69,05	may-13	
mar-01	70,54	abr-05	70,69	may-09	68,95	jun-13	
abr-01	70,76	may-05	70,68	jun-09	68,95	jul-13	
may-01	70,96	jun-05	70,61	jul-09	68,98	ago-13	
jun-01	71,05	jul-05	70,60	ago-09	68,84	sep-13	
jul-01	71,12	ago-05	70,45	sep-09	68,90	oct-13	
ago-01	71,10	sep-05	70,15	oct-09	68,93	nov-13	
sep-01	71,13	oct-05	70,09	nov-09	69,28	dic-13	
oct-01	71,20	nov-05	70,26	dic-09	69,40		
nov-01	71,21	dic-05	70,19	ene-10	69,13		
dic-01	71,23	ene-06	70,19	feb-10	69,11		
ene-02	71,09	feb-06	70,01	mar-10	69,19		
feb-02	70,97	mar-06	70,25	abr-10	69,13		
mar-02	71,03	abr-06	70,47	may-10	69,10		
abr-02	71,13	may-06	69,84	jun-10	69,11		
may-02	71,24	jun-06	69,64	jul-10	69,05		
jun-02	71,24	jul-06	69,60	ago-10	69,05		
jul-02	71,27	ago-06	69,50	sep-10	68,93		
ago-02	71,34	sep-06	69,42	oct-10	68,91		
sep-02	71,50	oct-06	69,35	nov-10	68,79		
oct-02	71,73	nov-06	69,27	dic-10	68,73		
nov-02	71,76	dic-06	69,37	ene-11	68,71		
dic-02	71,72	ene-07	69,38	feb-11	68,73		
ene-03	71,70	feb-07	69,39	mar-11	68,70		
feb-03	71,65	mar-07	69,40	abr-11	68,63		
mar-03	71,78	abr-07	70,03	may-11	68,68		
abr-03	71,73	may-07	70,28	jun-11	68,69		
may-03	71,76	jun-07	70,32	jul-11	68,68		
jun-03	71,76	jul-07	70,04	ago-11	68,43		
jul-03	71,72	ago-07	69,93	sep-11	68,29		
ago-03	71,72	sep-07	69,74	oct-11	68,27		
sep-03	71,64	oct-07	69,69	nov-11	68,16		
oct-03	71,65	nov-07	69,59	dic-11	68,10		
nov-03	71,56	dic-07	69,47	ene-12	68,00		
dic-03	71,49	ene-08	69,30	feb-12	67,85		
ene-04	71,42	feb-08	69,13	mar-12	67,93		
feb-04	71,32	mar-08	69,04	abr-12	67,88		
mar-04	71,21	abr-08	68,96	may-12	67,84		
abr-04	71,19	may-08	68,79	jun-12	67,81		
may-04	71,18	jun-08	68,62	jul-12	67,71		
jun-04	71,11	jul-08	68,62	ago-12	67,71		
jul-04	71,12	ago-08	68,58	sep-12	67,70		
ago-04	71,07	sep-08	68,49	oct-12	67,72		
sep-04	70,93	oct-08	68,46	nov-12	67,81		
oct-04	70,89	nov-08	68,48	dic-12	67,88		
nov-04	70,77	dic-08	69,03	ene-13	67,87		
dic-04	70,73	ene-09	69,04	feb-13	67,78		
ene-05	70,67	feb-09	69,04	mar-13	67,69		

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCFyN | Ingeniería Civil

### Código de las Macros de MS Excel para el modelo LAMBDA 3.1 (Comentado y compactado)

```

'
' Macro grabada el 23/09/2005 por PLENKEN.
' Comentada y retocada en 25/05/2014 por CURLY.
'

'Defino las columnas como Constantes para facilitar cambios futuros en la planilla
ConstceldaPRBa = 3
ConstceldaEVPT = 4
ConstceldaQLQ = 5
ConstceldaVFDB = 6
ConstceldaAB = 7
ConstceldaQSB = 8
ConstceldaPRLa = 10
ConstceldaEV = 11
ConstceldaQRI = 12
ConstceldaQRII = 13
ConstceldaVL = 14
ConstceldaAL = 15
ConstceldaFCRS = 17
ConstceldaH = 19
ConstceldaEXTRACCIONES = 27
ConstCurvasHAV = 35
ConstTotalDeCotasCurvasHAV = 29

Sub CalculoBase()

CalculoDeNivel (0)' Caudal extraído = 0,00 m³/s

End Sub

Sub CalculoDeNivel(Qextraido As Long)

'Limpieza de las celdas de Datos de Salida
rango = Chr(64 + celdaVFDB) & "6:" & Chr(64 + celdaVFDB) & "329," & _
Chr(64 + celdaAB) & "6:" & Chr(64 + celdaAB) & "329," & _
Chr(64 + celdaQSB) & "6:" & Chr(64 + celdaQSB) & "329," & _
Chr(64 + celdaVL) & "7:" & Chr(64 + celdaVL) & "329," & _
Chr(64 + celdaAL) & "7:" & Chr(64 + celdaAL) & "329," & _
Chr(64 + celdaFCRS) & "7:" & Chr(64 + celdaFCRS) & "329," & _
Chr(64 + celdaH) & "7:" & Chr(64 + celdaH) & "329"
Range(rango).ClearContents

'=====
'BALANCE BAÑADOS
'=====

'2 tipos de pasos Trimestral y Mensual
For n = 1 To 2

' Cantidad de datos a procesar
If n = 1 Then
    m = 3                '3 Meses
    inicio = 1           'desde el primer registro (mar-1968)
    cantidad = 132      'de 1968 al 2000
Else
    m = 1                '1 Mes
    inicio = 133         'desde (ene-2001)
    cantidad = 132 + Cells(2, 1) 'Según cantidad de datos cargados
End If

```

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfYn | Ingeniería Civil

```

'Procesado de datos según paso mensual o trimestral
For a = inicio To cantidad

'Carga de datos inicial
If a = 1 Then
    Aib = 325                    '[Km²] Area inicial/minima de bañados
    LQi = Cells(a + 5, celdaQLQ)  'Caudal Los Quiroga inicial
    LQf = Cells(a + 5, celdaQLQ)  'Caudal Los Quiroga final
    Pb = Cells(a + 5, celdaPRBa)   'Precipitación en los Bañados
    Eb = Cells(a + 5, celdaEVPT)   'Evapotranspiración en los Bañados
    Qextraido = Cells(a + 5, celdaQEXTRAIDO) 'Caudal extraído
Else
    LQi = Cells(a + 4, celdaQLQ)   'Caudal Los Quiroga inicial
    LQf = Cells(a + 5, celdaQLQ)   'Caudal Los Quiroga final
    Pb = Cells(a + 5, celdaPRBa)   'Precipitación en los Bañados
    Eb = Cells(a + 5, celdaEVPT)   'Evapotranspiración en los Bañados
    Qextraido = Cells(a + 5, celdaQEXTRAIDO) 'Caudal extraído
End If

'Cálculo del Volumen y Area inicial de los Bañados
If LQi < (90 + Qextraido) Then 'Si no se sobrepasa el caudal máximo del cauce del Río Dulce
    Aib = 325
    Vidb = 0
Else
    If a <> 1 Then 'Si no es la primera iteración (325 Km²) calcula el Área inicial
        Aib = 345.39 * Log((LQi - Qextraido - 90) * 2.592 * m) + 251.84
    End If
    Vidb = (LQi - Qextraido - 90) * 2.592 * m
End If

'Cálculo del Volumen y Area final de los Bañados y determinacion
'de caudal de Los Quiroga que sale de los bañados
If LQf < (90 + Qextraido) Then 'Si no se sobrepasa el caudal máximo del cauce del Río Dulce
    Afb = 325
    Vfdb = 0
    LQc = LQf
Else
    Afb = 345.39 * Log((LQf - Qextraido - 90) * 2.592 * m) + 251.84
    Vfdb = (LQf - Qextraido - 90) * 2.592 * m
    LQc = 90
End If

'Calculo de Volumen de Bañados
If (Vidb - Vfdb) > 0 Then
    Vdb = (Vidb - Vfdb)
Else
    Vdb = 0
End If

'Calculo de Caudal de salida de bañados
If LQc > Qextraido Then
    Qsb = ((LQc - Qextraido) * 0.39 + (Vdb * 1000000 + ((Afb + Aib) / 2) * (Pb - Eb) * _
        1000) / (2592000 * m))
Else
    Qsb = ((LQc) * 0.39 + (Vdb * 1000000 + ((Afb + Aib) / 2) * (Pb - Eb) * 1000) / _
        (2592000 * m))
End If

'Escritura de los datos en la Planilla
Cells(a + 5, celdaQSB) = Qsb      'Caudal de salida de los Bañados
Cells(a + 5, celdaAB) = Afb      'Area final de los bañados
Cells(a + 5, celdaVFDB) = Vfdb   'Volumen final de bañados

Next
Next

```

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCFyN | Ingeniería Civil

```

'=====
'BALANCE LAGUNA - BAÑADOS
'=====

'2 tipos de pasos Trimestral y Mensual
For n = 1 To 2

    ' Cantidad de datos a procesar
    If n = 1 Then
        m = 3                                '3 Meses
        inicio = 1                          'desde el primer registro (1968)
        cantidad = 132                      'de 1968 al 2000
    Else
        m = 1                                '1 Mes
        inicio = 133                        'desde enero del 2001
        cantidad = 133 + Cells(2, 1)        'Según cantidad de datos cargados
    End If

    'Procesado de datos según paso mensual o trimestral
    For c = inicio To cantidad

        If c = 1 Then
            v2 = 0
            afl = 0
        Else
            'Escribe los datos en la Planilla
            Cells(c + 5, celdaVL) = v3      'Volumen final de la laguna
            Cells(c + 5, celdaAL) = afl     'Area final de la laguna
            Cells(c + 5, celdaH) = hl      'Nivel final de la laguna
            Cells(c + 5, celdaFCRS) = FCRI  'Factor empirico de corrección por Salinidad
            v2 = 0
        End If

        'Carga los valores para calcular
        RI = Cells(c + 5, celdaQRI)        'Caudal San Roque / Río Primero
        RII = Cells(c + 5, celdaQRII)      'Caudal Los Molinos / Río Segundo
        Qsb = Cells(c + 5, celdaQSB)       'Caudal salida de los Bañados
        P = Cells(c + 5, celdaPRLa)        'Precipitación en la laguna / Miramar
        E = Cells(c + 5, celdaEV)          'Evaporación en la laguna / Miramar
        v0 = Cells(c + 5, celdaVL)        'Volumen inicial de la laguna
        a0 = Cells(c + 5, celdaAL)        'Area inicial de la laguna

        'Inicio procedimiento de corrección empirico en base a la Salinidad
        If c = 1 Then
            v3 = v0
            FCRI = Cells(6, CurvasHAV + 6)
        Else
            v3 = v3
            FCRI = FCRI
        End If

        Do While Abs((v2 - v3)) > 0.0001

            'Verifica si el Volumen calculado es mayor al máximo histórico
            If v2 > 29.27 Then
                MsgBox "Error: Volumen mayor al historico." & vbCrLf & vbCrLf & "En la fila: " & _ (c +
                    5), vbOKOnly + vbExclamation + vbSystemModal, "LAMBDA 3.1"
                End                'Termina el proceso abruptamente
            End If

            For i = 1 To 29

                'Datos de la curva HAV de la laguna Mar Chiquita
                Hf = Cells(i + 5, CurvasHAV)
                Af = Cells(i + 5, CurvasHAV + 1)
                Vf = Cells(i + 5, CurvasHAV + 2)
            
```



## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCEfYn | Ingeniería Civil

```

If Vf > v3 Then

    If Qsb < 0 Then
        Qsb = (LQf - Qextraido) * 0.39
    Else
        Qsb = Qsb
    End If

    If afl = 0 Then
        FCR1 = 0.7 + (1.3 - ((-2.79176779052426E-04 * v2 ^ 5 + _
        2.29367892425845E-02 * v2 ^ 4 - 0.720388264772665 * v2 ^ 3 + _
        10.7633494977928 * v2 ^ 2 - 78.2124396575967 * v2 + 277.363983579691) * _
        0.0007 + 1))
        v2 = v0 + a0 * (P - E * FCR1) * 0.001 + RI * 0.002592 * m + RII * _
        0.002592 * m + Qsb * 0.002592 * m
    Else
        FCR1 = 0.7 + (1.3 - ((-2.79176779052426E-04 * v2 ^ 5 + _
        2.29367892425845E-02 * v2 ^ 4 - 0.720388264772665 * v2 ^ 3 + _
        10.7633494977928 * v2 ^ 2 - 78.2124396575967 * v2 + 277.363983579691) * _
        0.0007 + 1))      ''''?? Cambiar 0,0007 por 0,0002592
        v2 = v0 + ((afl + a0) / 2) * (P - E * FCR1) * 0.001 + RI * 0.002592 * m + _
        RII * 0.002592 * m + Qsb * 0.002592 * m
    End If

    For b = 1 To 29
        'Datos de la curva HAV de la laguna Mar Chiquita
        Hf1 = Cells(b + 5, CurvasHAV)
        Af1 = Cells(b + 5, CurvasHAV + 1)
        Vf1 = Cells(b + 5, CurvasHAV + 2)

        If Vf1 > v2 Then
            afl = (((v2 - vil) * (Af1 - ail)) / (Vf1 - vil)) + ail
            v3 = v0 + ((afl + a0) / 2) * (P - E * FCR1) * 0.001 + RI * _
            0.002592 * m + RII * 0.002592 * m + Qsb * 0.002592 * m
            h1 = (((v3 - vil) * (Hf1 - hil)) / (Vf1 - vil)) + hil
            Exit For
        Else
            vil = Vf1
            hil = Hf1
            ail = Af1
        End If

    Next
    Exit For

End If

'Traspasa los valores de HAV finales como iniciales para la próxima iteración
Hi = Hf
Ai = Af
Vi = Vf

Next
Loop
Next
End Sub

```

## Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCFyN | Ingeniería Civil

```

Sub CalculoExtracciones ()

'Limpieza de las celdas de Datos de Salida
rango = "A" & Chr(64 + celdaEXTRACCIONES + 1 - 26) & "6:A" & _
        Chr(64 + celdaEXTRACCIONES + 3 - 26) & "15"
Range(rango).ClearContents

'Iteraciones de cálculo y escritura de tabla resumen
For k = 1 To 10

    If Cells(k + 5, celdaEXTRACCIONES) = "" Then Exit For

    'Llamo a la función del Cálculo de Nivel
    ' (para que utilice el valor de Caudal Extraído de la fila correspondiente)
    CalculoDeNivel (Cells(k + 5, celdaEXTRACCIONES))

    'Calculo los valores para incorporar a la Tabla de Extracciones
    Hmax = Cells(6, celdaH)
    Hmin = Cells(6, celdaH)
    sumaProm = 0
    cantDatos = 0

    For u = 6 To 329
        If Cells(u, celdaH) <> "" Then

            If Cells(u, celdaH) > Hmax Then Hmax = Cells(u, celdaH)
            If Cells(u, celdaH) < Hmin Then Hmin = Cells(u, celdaH)

            sumaProm = sumaProm + Cells(u, celdaH)
            cantDatos = cantDatos + 1

        End If
    Next

    'Cargo datos en la Tabla de Extracciones
    Cells(k + 5, celdaEXTRACCIONES + 1) = Hmax
    Cells(k + 5, celdaEXTRACCIONES + 2) = Hmin
    Cells(k + 5, celdaEXTRACCIONES + 3) = sumaProm / cantDatos
Next

'Dejamos las tablas finales con los valores SIN Caudal de extracción
CalculoDeNivel (Cells(6, celdaEXTRACCIONES))

End Sub

```

# Análisis de los datos hidrometeorológicos aplicados al Balance Hidrológico de los bañados del río Dulce y la laguna Mar Chiquita

UNC | FCFEfyN | Ingeniería Civil

