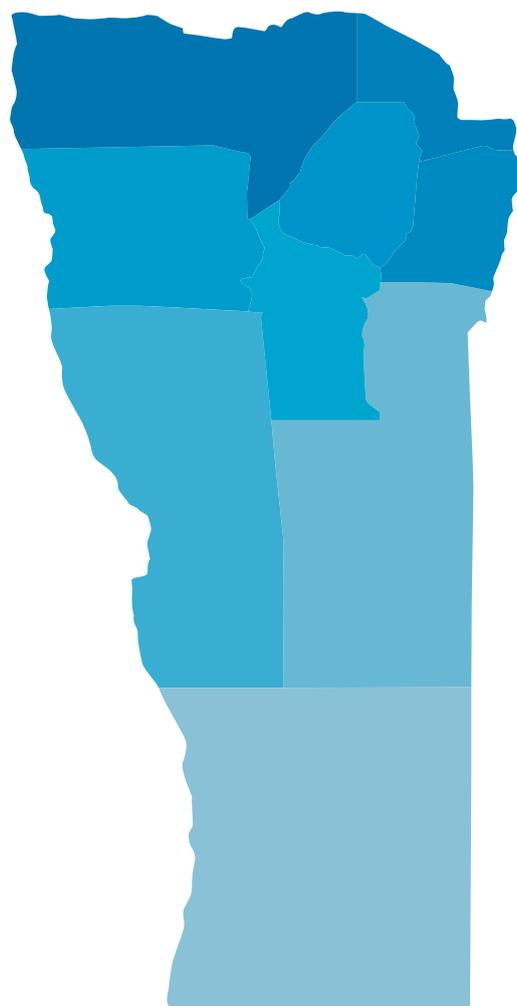


Cálculo y
Análisis de la
Huella Hídrica de la
**Provincia de
San Luis**

Sectores Agrícola y Pecuario



GOBIERNO
DE LA PROVINCIA
DE SAN LUIS

Prólogo

En la provincia de San Luis, se han producido grandes cambios desde que se creó una sociedad estatal encargada de administrar y distribuir el agua cruda. Tal administración trajo aparejada una serie de cambios, ya desde la política del cobro, cuidado y distribución del recurso, como las herramientas tecnológicas y capacitación constante para los profesionales del agua.

En los últimos treinta años, San Luis ha incorporado diques en zonas estratégicas, las cuales forman hoy en día un patrimonio hídrico a la altura de provincias como Córdoba, considerando la diferencia poblacional entre ambas.

En el resto del mundo, la tendencia actual implica equiparar tanto conciencia en el uso racional del agua, como aplicar toda la tecnología disponible para eficiencia este recurso, tal y como lo hace San Luis, una provincia semidesértica que marca el rumbo y el futuro de las políticas hídricas nacionales.

Argentina se encuentra ubicada en el puesto diecisiete en el ranking de disponibilidad de recursos hídricos renovables del mundo. En la provincia, como en toda Sudamérica, existe una abundancia del recurso que supera al resto de las naciones más avanzadas. En virtud de esto, es sumamente necesario situarse sobre una postura de responsabilidad y previsión, ya que en muchos países con escasez o limitaciones hídricas, el agua virtual se importa justamente de grandes países productores como el nuestro y de Latinoamérica.

Teniendo en cuenta que San Luis apuesta a concentrar la mayoría de la producción de alimentos en su territorio, es menester apostar a políticas no sólo de previsión, sino conducentes a apuntar a cada uno de los ámbitos involucrados en la trama de desarrollo y eficiencia hídrica. Así, es como San Luis Agua ha incorporado herramientas para gestionar conceptos vitales como la medición de nuestra propia huella hídrica destinada a la producción, visitar docenas de escuelas para capacitar y concientizar a cerca de 3000 niños y adolescentes en el cuidado del recurso, medir niveles de potencial productivo en las diferentes zonas del territorio mediante las estaciones telemétricas, impulsar numerosas campañas de acompañamiento y difusión del cuidado del recurso en los medios y establecimientos educativos, tareas que fueron y continúan siendo

reforzadas académicamente a través del tradicional Congreso Internacional del Agua.

Acorde a la voluntad política manifestada a través del Plan Maestro del Agua 2012 – 2025, las obras de infraestructura hídrica continuarán multiplicándose, en vistas de alcanzar un modelo de provincia idóneo para que el turismo y las actividades productivas gocen de un lugar privilegiado y tengan continuidad en su desarrollo, acrecentando el trabajo y multiplicando las zonas generadoras de alimentos y productos con alto valor agregado.

A los fines de alcanzar este objetivo, es que se realizó durante un año el estudio del cálculo de huella hídrica provincial, siendo este el primer estudio a nivel latinoamericano. Este cálculo basa sus resultados en el análisis de la información oficial articulada por organismos estatales, instituciones educativas y grupos de investigación de reconocida trayectoria, permitiendo esto acceder a datos confiables sobre las principales actividades de consumo de agua en San Luis. Tal enfoque, se centralizó sobre los aspectos agrícola y pecuario de la provincia, reconociendo con esto la importancia de una óptima gestión del agua como política estratégica de desarrollo.

El indicador de huella hídrica de un país, sector, hogar, inclusive de una persona, permite obtener datos como la cantidad de agua utilizada en un producto, o por personas, tanto en el uso directo como indirecto del agua. Este trabajo de cálculo se orienta a mejorar la gestión del agua de modo integral, lo que siendo este indicador un elemento vital y multisectorial que sirve para identificar, evaluar e involucrar a los principales actores de la provincia, de modo de establecer enlaces enfocados a la eficiente administración del recurso, dentro de una gestión integrada. Es imposible desentenderse de este concepto cada vez más acuciante como el de la correcta administración del agua. El mismo se ha tornado crítico en términos de viabilidad de las actividades desarrolladas por los sectores agrícola-ganaderos, quienes se encuentran con el desafío de identificar y evaluar sus probables riesgos e impactos asociados a la huella hídrica de su cadena de valor.

El recientemente culminado cálculo de huella hídrica en

la provincia se perfila como un estudio de vanguardia, con la generación y difusión de nuevos conocimientos en el aspecto regional, nacional e internacional. Es así que San Luis tiene la oportunidad de convertirse en un territorio pionero en la aplicación y desarrollo de una herramienta que comunica y concientiza la realidad y los futuros escenarios de agua de un modo simple, a los gobernantes y ciudadanos.

Este cálculo se convierte en el primer estudio nacional de huella hídrica de una provincia argentina y en todo el continente Sudamericano, orientando lineamientos de políticas de gestión que consolidarán cada vez más a San Luis como una provincia altamente productiva y en constante crecimiento.

C.P.N. Claudio Poggi
Gobernador de la provincia

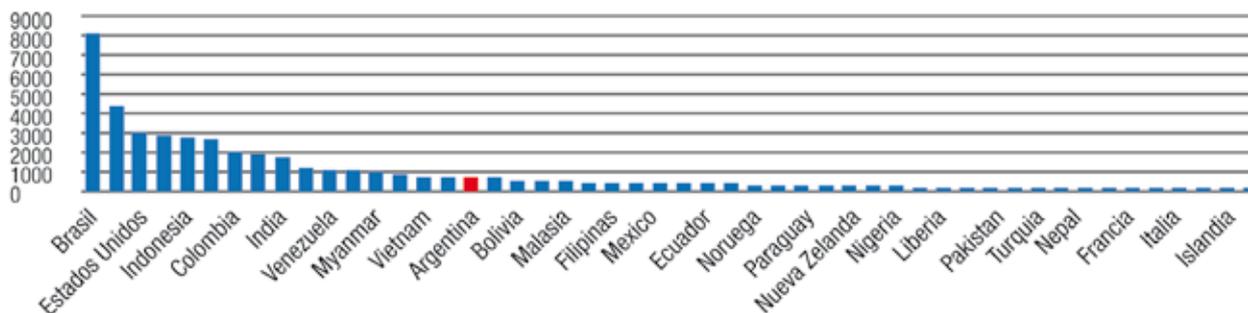
Introducción

Argentina y los Recursos Hídricos

Argentina se encuentra ubicada en el puesto diecisiete en el ranking de disponibilidad de recursos hídricos renovables del mundo (Figura A), por lo que está en una posición estratégica frente a uno de los principales desafíos que enfrenta el mundo, la sostenibilidad, con miras a la visualización de la Tierra como planeta capaz de albergar vida y proveer de manera sostenible los recursos necesarios para mantener a una población creciente, que se desarrolla bajo un modelo económico que actualmente pone en duda nuestro propio futuro.

La gestión eficiente del recurso hídrico es el reto al cual se enfrenta Argentina, por ser un país donde el 70 % de su territorio presenta características áridas, como es el caso de la provincia de San Luis. Centrando la atención en el agua como recurso natural prioritario para la vida, la Gestión Integral de los Recursos Hídricos (GIRH), se plantea como un modelo de gestión del agua que es sostenible e incluyente, que promueve el diálogo y la concertación entre los interesados en la gestión del agua, en su unidad geográfica natural, la cuenca hidrográfica.

Figura A. Disponibilidad de Recursos Hídricos (Km³/año)



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Aquastat, Food Agricultural Organization (FAO).

Provincia de San Luis

Se sitúa en el centro-oeste del país, se extiende en una longitud media de 460 km en el sentido N-S y 200 km. en el sentido E-O, entre los paralelos 31°,50' y 36° de latitud Sur y los meridianos 64°,55' a 67°,15' de longitud Oeste.

Se sitúa en la Región de Cuyo, limita al norte con la provincia de La Rioja, al este con Córdoba, al sur con La Pampa, al oeste con Mendoza y al noroeste con San Juan (Figura B).

La provincia se encuentra dividida en 9 departamentos. Los 65 municipios abarcan únicamente los ejidos urbanos de cada centro poblado, por lo que existen territorios fuera de toda jurisdicción municipal (sistema de ejidos no colindantes).

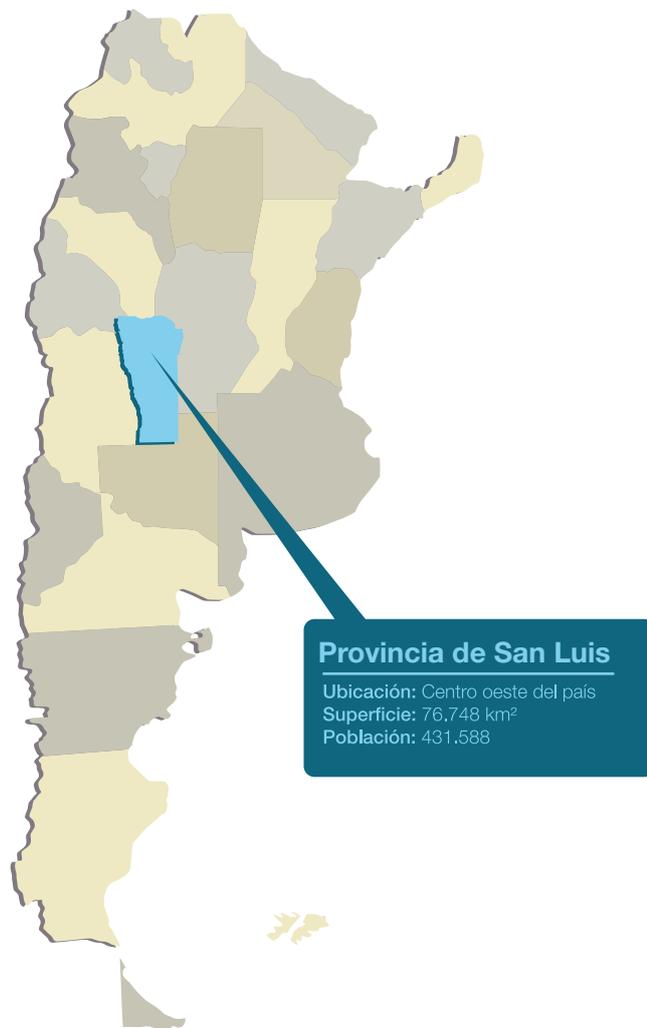
Respecto a su geografía presenta dos ambientes bien diferenciados: en la mitad norte predomina el paisaje serrano en coincidencia con las Sierras Pampeanas y

en la mitad sur el relieve llano.

El clima en general es continental seco con una temperatura anual de 17 °C media, invernal de 8 °C y estival de 24 °C. Las lluvias disminuyen de este a oeste y se dan principalmente en verano, entre los meses de octubre y marzo. En invierno son casi nulas y pueden llegar a precipitar en forma de nieve a cualquier altura, pero sobre todo en las sierras por encima de los 1.000 metros sobre el nivel del mar.

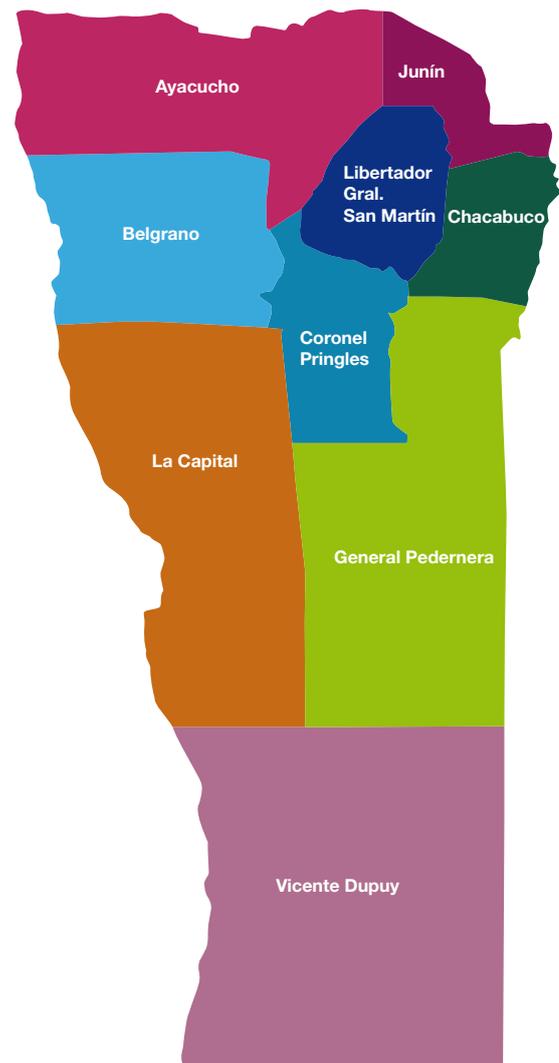
Vinculado con los recursos hídricos San Luis se encuentra dividido en 7 cuencas hidrográficas (figura D). Como se observa en el mapa, la hidrografía se encuentra distribuida de manera heterogénea en el territorio de San Luis. En la zona de la sierras nacen gran cantidad de arroyos que alimentan los ríos Conlara y Quinto, de carácter endorreico al infiltrarse en la tierra a medida que avanzan por la llanura sedimentaria. Sólo el Quinto

Figura B. Provincia de San Luis



Fuente: www.sanluis.gov.ar

Figura C. Departamentos de la Provincia de San Luis

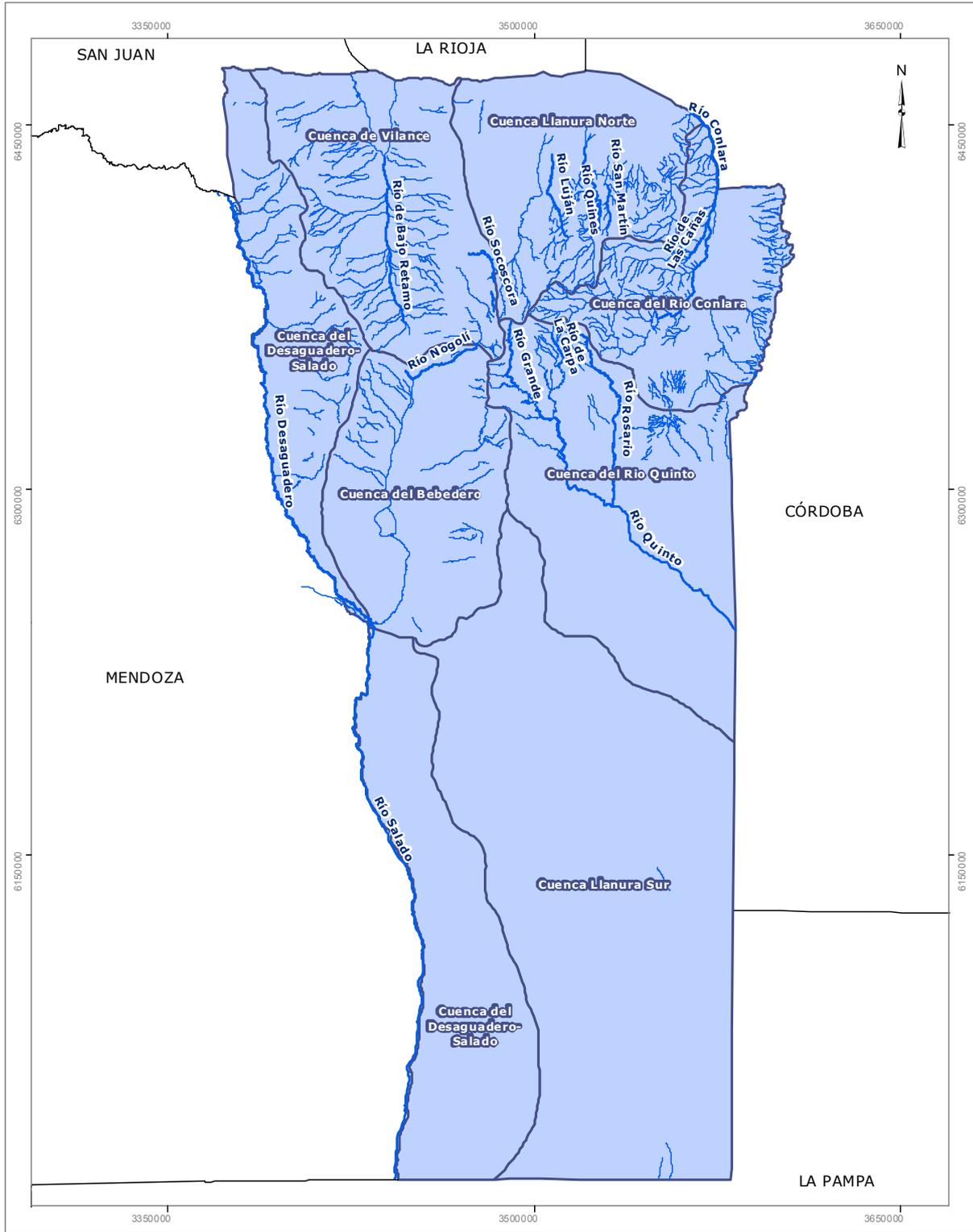


alcanza a desaguar en el Río Salado en época de grandes crecidas. Varios de estos ríos y arroyos son aprovechados con embalses para generar energía hidroeléctrica, regular sus caudales y también destinado a riego, consumo de ganado y humano.

El perfil económico de la provincia de San Luis cambió a partir de las políticas de promoción industrial aplicadas desde fines de 1982. Hasta entonces, el sector primario (agricultura y ganadería) era la base productiva. Los establecimientos industriales que se instalaron luego de ese año, exhiben una gran diversificación localizándose principalmente, en dos centros urbanos: La

Capital y Villa Mercedes. No obstante ello, la expansión de la frontera agropecuaria ha sido como ocurre en el país, uno de los recursos más utilizados para enfrentar los desafíos del crecimiento socioeconómico. En la provincia esta expansión ha sacrificado extensas áreas de pastizal natural y monte, en condiciones de creciente inestabilidad ecológica. La agricultura está ampliamente extendida y en un proceso continuo de intensificación. La Encuesta Nacional Agropecuaria realizada por la Dirección Provincial de Estadística y Censos de San Luis, refleja una tendencia de crecimiento marcada respecto tanto de las superficies implantadas, cosechadas, como sobre la cantidad de bovinos, vacas, toros y novillos.

Figura D. Cuencas Superficiales de la Provincia de San Luis



Hidrología Superficial - Provincia de San Luis



Provincia de San Luis

1 - Antecedentes y Oportunidades

El indicador de huella hídrica fue desarrollado por los investigadores A. Hoekstra y A. Chapagain en 2003¹ y se basa en un desarrollo más amplio del concepto de agua virtual propuesto por J. A. Allan en 1993². Estas fechas dan una idea de los pocos años que preceden este estudio, ya que en cuanto a ejemplos de aplicación existen tan sólo 10 años de investigación y desarrollo, los cuales han incrementado su volumen de producción y estandarización a partir de 2009, con la publicación de la Metodología Estándar del Cálculo (Hoekstra et al., 2009) y en 2011 con la publicación del Manual de Evaluación de Huella Hídrica (Hoekstra et al., 2011).

El único antecedente publicado de cálculo de huella hídrica en Sudamérica es la elaborada para el sector agrícola y pecuario en Colombia (2012) y Chile (2013); por lo tanto el cálculo de la huella hídrica de la provincia de San Luis es la primera a nivel nacional, que se constituye en el primer avance en este tema y a esta escala, realizado en Argentina.

El estudio basa sus resultados en el análisis de la información oficial suministrada por organismos estatales, instituciones educativas y grupos de investigación de reconocida trayectoria, que permiten conocer los datos confiables a nivel nacional, regional y local de las principales actividades de consumo de agua en San Luis, centrándose en los principales sectores en términos de uso consuntivos: **agrícola y pecuario**.

Frente a la conceptualización de la huella hídrica como herramienta de toma de decisión para el sector productivo, se reconoce que la óptima gestión del agua es parte estratégica en sectores que, como el agrícola y el pecuario, son intensivos en su uso. El agua es necesaria para la producción agrícola y ganadera, por esto, la correcta administración del agua se ha convertido en un elemento crítico en términos de la viabilidad de las actividades que desarrollan estos sectores, los cuales se enfrentan al reto de identificar, reconocer y evaluar sus probables riesgos e impactos asociados a la huella hídrica de su cadena de valor. Los riesgos abarcan des-

de la posible variación en la valoración del recurso hídrico, pérdidas económicas por daños debidos a eventos climáticos extremos, reducción de la productividad y/o pérdida de confianza en la inversión, entre otros.

Las características atribuidas al indicador de huella hídrica permiten obtener información que puede orientarse a definir estrategias que van desde el análisis sobre el uso y disposición del agua en los cultivos; la cantidad utilizada en cada producto, hasta la formulación de estrategias orientadas a involucrar otras partes interesadas, con los cuales se comparte espacio geográfico, recursos, impactos y riesgos, de forma que se plantee una gestión conjunta que permita visualizar un horizonte con resultados positivos de largo plazo. En ese sentido, este trabajo busca como objetivo central que se oriente a mejorar la gestión del recurso agua de manera integral, lo que implica usar este indicador de naturaleza multi-sectorial para identificar, evaluar e involucrar a los principales actores en la provincia, de forma que se establezcan enlaces enfocados a la eficiente administración del agua, orientada hacia una gestión integrada de los recursos hídricos.

Mediante la aplicación geográfica del indicador de la huella hídrica se identifican los impactos ambientales generados sobre el recurso agua en los diversos sectores económicos productivos que más agua emplean. La aplicación de este indicador se convierte en una herramienta para la toma de decisiones, permitiendo desarrollar nuevos lineamientos en el orden de la política pública.

Respecto a los sectores productivos, como se comentara el trabajo incluye el cálculo y análisis de la huella hídrica para los sectores agrícola y pecuario, que son los que generan mayor impacto directo sobre el recurso hídrico siendo los campos donde hay mayor desarrollo metodológico. Dado que entonces se trabajó poco con esta aplicación a escala regional, este estudio a nivel provincial, resuelve la identificación de algunos impactos sobre la base de priorizar en aquellos sectores que mayor consumo mundial de agua relativa ejecutan.

1 - Virtual water trade between nations: A global mechanism affecting regional water systems. IGBP Global Change News Letter, No. 54, pp. 2-4.

2- Fortunately there are substitutes for water otherwise our hydro-political futures would be impossible. Priorities for water resources allocation and management, ODA, London.

En particular, para la provincia de San Luis este estudio es de relevancia suprema dado que los recursos hídricos provinciales son escasos, comparados con los de algunas otras provincias argentinas y asimismo presenta en su territorio una irregular distribución de las lluvias, que van desde 600 a 700 mm anuales en el Este y de 200 a 300 mm hacia el Oeste, con lluvias concentradas en verano, inviernos secos y amplios, lo que otorga escasos caudales superficiales de régimen permanente y con períodos de grandes crecidas.

Que de la totalidad de los embalses de la provincia salvo algunos pocos que se emplean para el uso humano y recreativo, la mayoría se los utilice para los sectores agrícola y ganadero, implica que estos sectores son importantes demandantes de agua, recurso que no está disponible y que hay que almacenar y regular. Esto da por implícito que San Luis debe gestionar el recurso hídrico entre la competencia y la escasez.

Luego, los datos para la provincia dan cuenta que gran parte de su superficie está comprometida a las actividades agropecuarias, lo que pone en evidencia a una provincia con vocación agropecuaria muy grande, que por otro lado, como se mencionó en los párrafos anteriores, no dispone de cantidad de agua suficiente y que por lo tanto necesita una administración eficiente.

Ello supone evaluar el Ordenamiento Productivo del Territorio, orientado en responder preguntas tales como:

¿se explota en el sitio correcto?, ¿es sustentable esta explotación?, ¿cuáles son las consecuencias de esta explotación actual?, ¿cómo compite con otros usos?

Se propuso así enfocar el estudio contemplando tres líneas de acción secuenciales, independientes y complementarias. La primera se centra en el cálculo y análisis de la huella hídrica de los sectores agrícola y pecuario; la segunda busca establecer el camino para utilizar los resultados de la primera etapa para formular una estrategia orientada hacia un modelo de gestión sustentable y la tercera, transversal a todo el proyecto, busca la sociabilización, divulgación y capacitación de

la comunidad en general y de los técnicos y funcionarios en particular.

Por consiguiente este trabajo se perfila de vanguardia, con una generación de nuevos espacios de conocimiento a nivel regional, nacional e internacional. Se presenta como una oportunidad de convertir a San Luis en la provincia pionera en la aplicación y desarrollo de una herramienta que concientiza y comunica de manera sencilla la realidad y escenarios futuros de agua, a los ciudadanos y a los gobernantes. Éste se convierte en el primer estudio Nacional de huella hídrica de una provincia argentina y uno de los primeros ejercicios en todo el continente Sudamericano.

Es importante resaltar que, pese a que este estudio se basa en la aplicación de la metodología estándar y en las fases de evaluación descritas en el manual de la Water Footprint Network, presenta importantes aportes que se indican en este libro. Las particularidades allí comentadas plantean un salto cualitativo en este proyecto, que busca salir de lo netamente académico y estandarizado, para llegar a una escala política, operativa y concreta de aplicación.

2 - Objetivos

Objetivo General

Realizar la evaluación de la huella hídrica de los sectores agrícola y pecuario de la provincia de San Luis y evaluar su implicancia frente a la sustentabilidad del recurso hídrico.

Objetivos específicos

- a) Aplicar la metodología para el cálculo de la huella hídrica en el área geográfica provincial.
- b) Analizar los distintos componentes de la huella hídrica del sector agrícola y pecuario en San Luis.
- c) Validar la metodología para estimar la huella hídrica de una provincia.
- d) Comprender la realidad actual y escenarios de la gestión y usos del agua con base en el cálculo de la huella hídrica.
- e) Generar conocimiento ciudadano y capacidades institucionales para la determinación de la huella hídrica.
- f) Orientar la formulación de lineamientos de política para la gestión integral del recurso hídrico con base en la huella hídrica, que incorpore a los principales grupos de actores.

3 - Metodología de evaluación de la huella hídrica en la provincia de San Luis

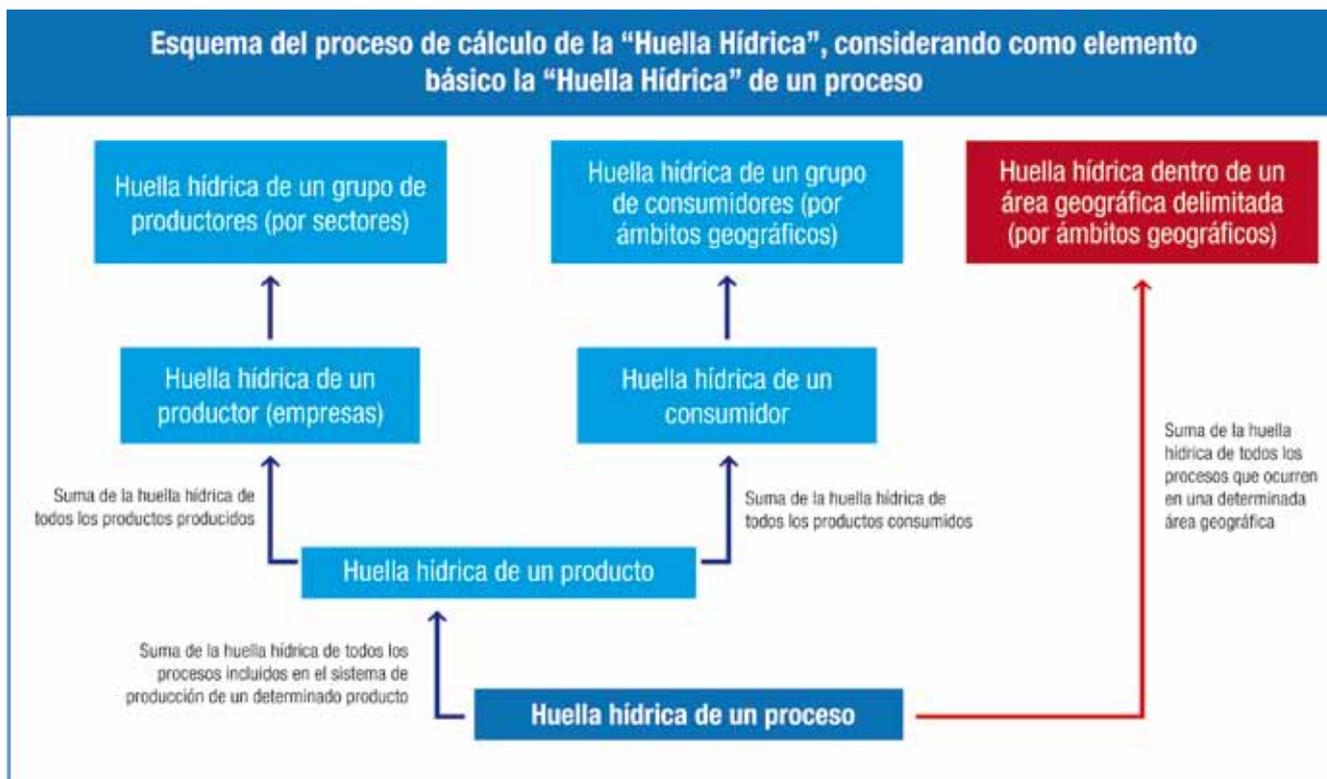
El concepto de huella hídrica permite considerar el uso del agua oculta a lo largo de la cadena de producción de bienes o servicios de consumo, dando información de los efectos sobre el agua asociados a los hábitos de vida de las personas o poblaciones o de producción de sectores o empresas. Este indicador multidimensional muestra los consumos de agua, según su origen y los volúmenes de agua requeridos para la asimilación de la contaminación generada. Los componentes de la huella hídrica son explícitos geográfica y temporalmente. La huella hídrica tiene diversas aplicaciones que incluyen la visión desde el consumo o la producción, para una persona o un grupo de personas, un productor o un grupo de productores, un producto o un grupo de productos y un área geográficamente delimitada. Para el caso de estudio descrito en este informe se

hace referencia a un estudio de huella hídrica aplicada a un área geográfica delimitada (provincia), analizando la producción de dos sectores clave: los procesos agrícola y pecuario, buscando identificar los efectos sobre el territorio (Figura 3.1).

De esta forma la huella hídrica de la provincia, se calcula aplicando la siguiente fórmula

$$WF_{AREA} = \sum_q WF_{PROCESO} [q]$$

Figura 3.1. Esquema Conceptual de Aplicaciones de la Huella Hídrica



Fuente: A. Hoekstra et al., 2011.

Para cada uno de los procesos, dependiendo de su naturaleza, se calculan los tres componentes de la huella hídrica en los dos sectores de estudio:

- la **Huella Hídrica Verde**: se refiere al consumo de agua almacenada en el suelo proveniente de la precipitación, que no se convierte en escorrentía. Satisface una demanda sin requerir la intervención humana.
- la **Huella Hídrica Azul**: se refiere al consumo de agua, asociado a una extracción de fuente superficial y/o subterránea para satisfacer la demanda originada en un proceso. Requiere de intervención humana.
- la **Huella Hídrica Gris**: se define como el volumen de agua dulce necesario para asimilar la carga de contaminantes por parte de un cuerpo receptor, tomando como referencia las normas de calidad ambiental, asociando los límites establecidos a una calidad buena para el ambiente y para las personas.

Según la metodología estándar y partiendo del concepto, se incluyen en el cálculo de la huella hídrica los usos directos e indirectos de los procesos identificados, no obstante, se debe hacer la claridad de la peculiaridad que tiene la aplicación del indicador en una zona geográficamente delimitada, dado que en lo referente al consumo indirecto, sólo se contabilizan los consumos que tienen relación directa con el territorio delimitado en el estudio (Figura 3.2).

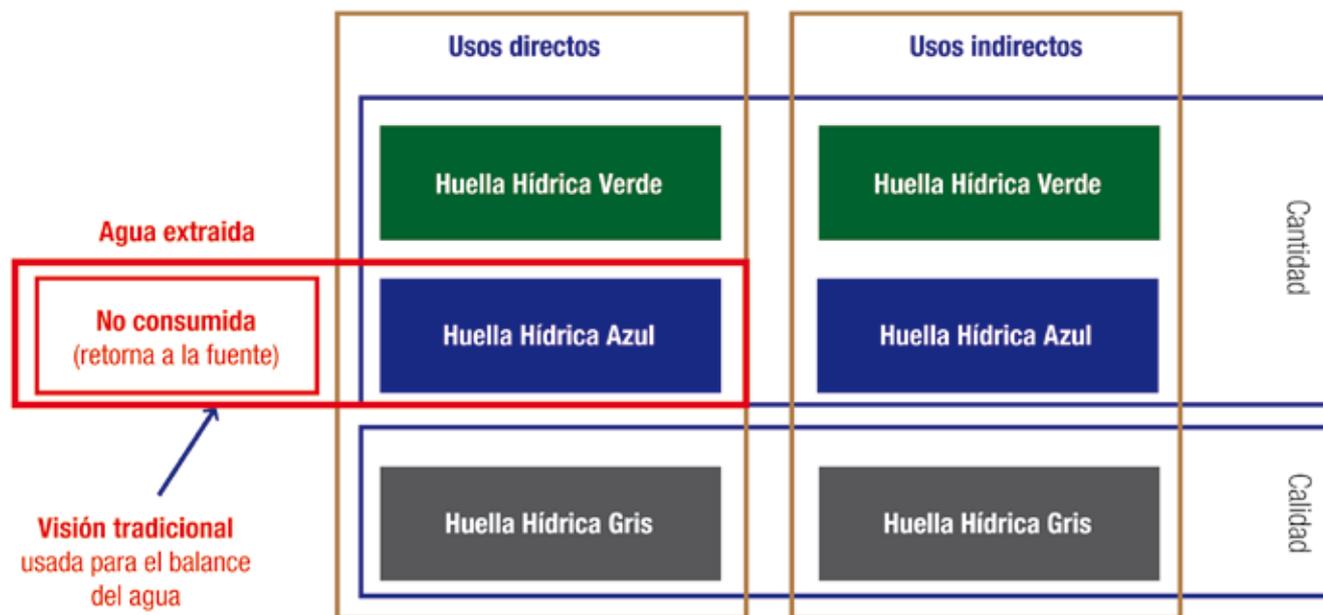
Fases de la Evaluación de Huella Hídrica en la Provincia de San Luis

La metodología seguida en este trabajo incluye las cuatro fases descritas en la publicación The Water Footprint Assessment manual (Hoekstra et al., 2011):

- I. Establecimiento de objetivos y alcance del estudio.
- II. Cuantificación de la huella hídrica por unidad de estudio.
- III. Evaluación de la sustentabilidad de la huella hídrica.
- IV. Formulación de estrategias de respuesta frente a los resultados de huella hídrica.

Este trabajo da cuenta de la totalidad de las fases, las que fueron validadas y en los casos donde resultó posible, fue particularizada, complementada y revalidada para permitir su aplicación en el contexto local y para los sectores y nivel de detalle incluido en este estudio. Así, como primera medida se contempló la definición clara de objetivos buscados, alcance de la aplicación (ubicación geográfica, etapas y procesos, tipos de productos, cadenas de suministro incluidas y excluidas para el tipo de aplicación de la huella hídrica de interés) y definición de los límites del estudio; lo anterior permitió continuar con la Fase II, esto es cuantificar de manera clara y concreta las diferentes componentes del indicador para los sectores y los procesos incluidos en el estudio.

Figura 3.2. Esquema de Componentes Incluidos en el Cálculo de la Huella Hídrica



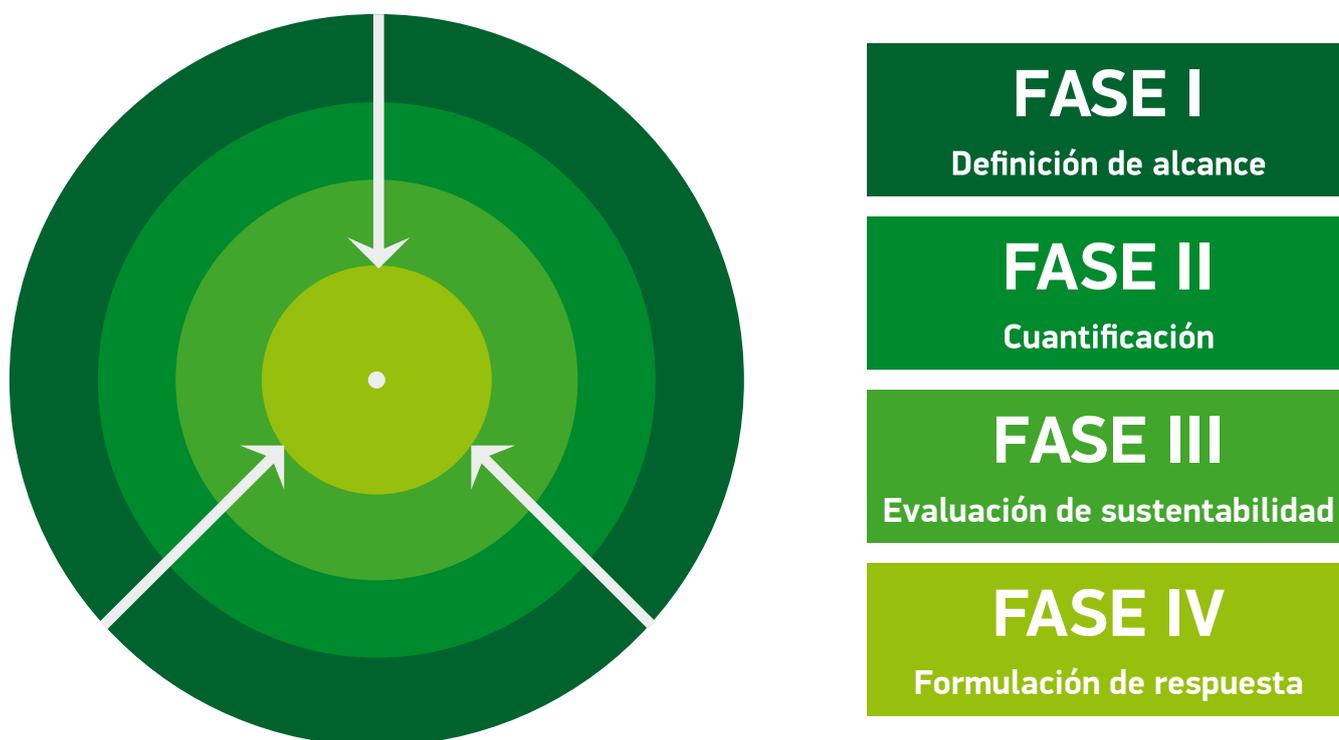
Fuente: Elaborado sobre la base de Hoekstra A. Y. et al., 2009.

Luego, la Fase III se refiere al análisis de sustentabilidad de la huella hídrica en cada una de sus componentes, bajo un contexto específico ambiental, asociado a las características geográfica y temporal de la provincia y a los resultados de la cuantificación de la huella hídrica. Finalmente, se llega a la orientación de la formulación de estrategias de respuesta (Fase IV) que, para el caso específico de la provincia de San Luis, están orientadas a las propuestas de lineamientos de política pública hídrica, esperando pueda convertirse junto a otras, en una herramienta de gestión y decisión en política ambiental.

Desarrollo del Proyecto: Actividades

En los puntos 5 y 6 del presente informe se describen las actividades desarrolladas en el proyecto para dar cumplimiento con las dos primeras Fases, mientras que en los puntos 7 y 8 se presenta todo lo vinculado con las Fases III y IV.

Figura 3.3. Fases para la Evaluación de Huella Hídrica



Fuente: Arévalo Uribe D., 2013.

Fase I: Definición del Alcance General de Evaluación

Se citan las actividades desarrolladas en el proceso de definición del alcance del proyecto que marcó los lineamientos en cuanto a la metodología aplicada y los resultados esperados y obtenidos.

Alcance de información base

- Se incluyeron en el estudio los siguientes sectores:
- Agrícola (extensivo e intensivo)
- Pecuario (bovinos extensivo y de feed lot, caprinos, ovinos, porcinos y equinos).
- La base de información utilizada para el estudio fue información disponible y generada tanto por San Luis Agua como por el Ministerio del Campo, además de otros organismos públicos, universidades o centros de investigación de reconocida trayectoria.
- La información secundaria fue sometida a un proceso de validación y priorización para ser parcialmente complementada con información primaria recolectada.
- La información recopilada no hacía referencia a las unidades hidrológicas de trabajo (la mayor parte de la información relevada, sistematizada y publicada hace referencia a unidades geopolíticas), por lo que se tomaron los supuestos necesarios, debidamente documentados, argumentados y justificados, para hacer el traslado de la información a las unidades hidrológicas definidas para este estudio.
- La cuantificación de la huella hídrica de los distintos sistemas de producción de la provincia de San Luis requiere de una estimación de la cantidad de agua que evapotranspiran los cultivos en condiciones de secano y bajo riego. El Modelo CROPWAT (elaborado por FAO), es una herramienta que se emplea para realizar esa estimación para los estudios de huella hídrica. Para conocerlo se necesitaron datos básicos de lluvias, otros datos climáticos para el cálculo de la evapotranspiración (radiación, temperatura máxima y mínima, humedad relativa y viento), parámetros hídricos de los suelos, como así también diversos parámetros de los cultivos.
- Se generó como información primaria un mapa de vegetación provincial a partir de métodos de clasificación supervisada, con áreas de entrenamiento para determinar las clases gruesas y con sucesivas interacciones de clasificaciones no supervisada para discriminar entre

tipos de cultivos por la fenología, empleando el Índice Verde Normalizado (NDVI).

- Para el análisis pecuario no se consideraron los índices tabulados de conversión ni los modelos de alimentación de bibliografía global, sino que por el contrario se desarrollaron insumos locales para la comprensión de la actividad ganadera, entre ellos la Productividad Primaria Neta (PPN), los requerimientos nutricionales, volumen y composición del alimento, entre otras variables.
- Al momento de la elaboración de este informe se realizaron dos talleres³, uno durante el primer mes de ejecución del proyecto (febrero 2013) para comentar, explicar y sociabilizar los pasos del mismo y otro en el mes de julio donde se compartieron los resultados de avance entre los equipos técnicos de San Luis Agua y el Ministerio del Campo.
- Durante el desarrollo de todo el proceso del proyecto se mantuvo una vinculación y diálogo fluido con los agentes.

Alcance geográfico

- El alcance geográfico del estudio se estableció en la provincia de San Luis.
- En lo referente a la definición de unidades de trabajo al interior de la provincia, que aportan mayor nivel de detalle a los resultados, se definieron las siguientes:
 - 9 unidades político-administrativas (departamentos) (Figura C)
 - 7 cuencas hidrológicas (Figura D)
 - 63 series de suelo (Figura 5.3)
 - 219 unidades ambientales que surgen de la superposición entre las variables ambientales: evapotranspiración, precipitaciones, tipos de suelo (Figura 5.5).
- A las unidades de trabajo descriptas, se adicionó la información territorial referida a los sectores agrícola intensivo, extensivo y pecuario, para dar cuenta en dónde se desarrollan estas actividades.
- Por lo tanto, la cuantificación de la Huella hídrica se realizó de manera desagregada (219 unidades), obteniendo valores de huella hídrica por producto (m^3/ton) y geográfica ($m^3/tiempo$ -anual y mensual-). Luego para el análisis de la Huella hídrica se procedió a la agregación de los datos agropecuarios en unidades de cuenca y departamento.

3- El 18 de diciembre de 2013, se realizó el tercer taller de presentación final del proyecto.

Alcance Temporal

- Cultivos extensivos: la base temporal de información recopilada fue desde 2006 a 2012.
 - Cultivos intensivos: dependiendo de la zona se consideraron diferentes fechas de análisis.
 - Pecuario: los stock de cada categoría se utilizó el promedio de cuatro años (entre 2008 a 2012).
- Para los casos donde la información no estuvo disponible o se encontró relevante modificar el periodo de estudio base, se tomó información para años diferentes, siempre que esto aportara a conocer la realidad del efecto de la presencia de los sectores incluidos, para el territorio de estudio.

Alcance Metodológico

- Se incluyen en este informe las cuatro fases citadas por el Manual de Evaluación de Huella Hídrica (Water Footprint Network -WFN-, 2011) para los dos sectores incluidos en el estudio.

Productos

- Cuantificación y evaluación de la Huella Hídrica Verde y Azul (anual y mensual) y Huella Hídrica Gris (anual) por cuenca y departamento de los siguientes sectores agrícolas de la provincia:
 - Extensivo que contempla 16 cultivos,
 - Intensivo que contempla 16 cultivos.
- Cuantificación y evaluación de la Huella Hídrica (verde, azul y gris anual) por cuenca y departamento para el sector pecuario de la provincia de San Luis, que incluye el análisis de: bovinos extensivo y feed lot, caprinos, ovinos, porcinos y equinos.
- Siguiendo con la metodología propuesta por la WFN, en la Fase II se calcularon dos tipos de Huella Hídrica Azul, la “teórica”, esto es que se considera para toda la provincia que se riega antes que el cultivo alcance el stress hídrico. Esta situación permite establecer una línea de base homogénea para toda la Provincia sobre un escenario que se consolida y se pone a punto el modelo para, a partir de esos resultados definir un segundo escenario. Éste distingue las áreas bajo secano

y las de riego en función de las diferentes etapas del cultivo, por lo que se optimiza la irrigación, reduciendo el consumo de agua (Huella Hídrica Azul), sin penalizar el rendimiento.

- Los resultados se presentan por unidad de producto (m^3/ton) y huella hídrica por unidad de tiempo, tanto para la unidad desagregada como en las áreas geográficas de cuenca y departamento, anual ($m^3/año$) y mensual (m^3/mes).
- Respecto a la Fase III se presenta un análisis minucioso de la sustentabilidad productiva sobre la base del recurso hídrico. Para ello se realizó un análisis de Stress Hídrico Total por unidad hidrológica, que correlaciona la Disponibilidad Hídrica Total (DHT) (subterránea y superficial) y la Huella Hídrica Azul Total (HHAT). Asimismo, se analiza la sustentabilidad hídrica del territorio sobre la base de HHAT mensuales y la DHT.
- En la Fase IV se establece una serie de recomendaciones y propuestas, en pos de orientar una estrategia hacia un modelo de gestión hídrica sustentable de la provincia.

FASE II: Cuantificación de la Huella Hídrica en la Provincia de San Luis

4. Sectores analizados

4.1 Sector agrícola

Huella hídrica azul y verde de un cultivo

La Huella hídrica de los cultivos (m³/ton) se calcula como el uso del agua (Crop Water Use -CWU-) para cultivos a nivel de campo (m³/ha), dividido por el rendimiento del cultivo (ton/ ha); CWU (m³/ha) / Crop Yield (ton/ha).

$$CWU_{GREEN} = \sum_{d=1}^{lgp} 10 \times ET_{GREEN}$$

$$CWU_{BLUE} = \sum_{d=1}^{lgp} 10 \times ET_{BLUE}$$

El uso de agua del cultivo depende tanto de las necesidades de agua del cultivo por una parte y por otro, de la cantidad real de agua disponible en el suelo.

Uso de Agua del Cultivo:

El uso del agua verde se refiere al volumen de agua de lluvia que se evapora de un campo de cultivo durante el período de crecimiento. Mientras que el uso de agua azul, se refiere al volumen de agua de riego (retirado de la superficie del agua o del suelo), que se evapora a partir de un campo de cultivo durante el período de crecimiento.

Evapotranspiración de agua verde = min (requerimiento hídrico del cultivo, precipitación efectiva)

Evapotranspiración de agua azul = min (requerimiento riego, irrigación efectiva)

Requerimiento Hídrico del Cultivo:

El requerimiento hídrico del cultivo se estima a partir de datos climáticos (temperatura, velocidad del viento, etc.) y las características de los cultivos. Para estimar las necesidades hídricas de los cultivos se empleó el modelo CROPWAT de la FAO (ver punto “calibración del modelo CROPWAT”).

Como primer paso se calcula la evapotranspiración de referencia del cultivo (ET₀) en mm/day por el método de Penman-Monteith; luego se calcula la evapotranspiración del cultivo (ET_c) en mm/day, donde ET_c = ET₀ × Kc y donde Kc = coeficiente de cultivo; por último todo esto sirve para calcular el requerimiento hídrico del cultivo (m³/ha), donde:

CWR = ∑ Et_c [acumulada en el período de crecimiento].

Requerimiento de Riego:

Requerimiento de riego = requerimiento hídrico del cultivo – lluvia efectiva

Cuando la lluvia no cumple con el requisito de agua de los cultivos, la diferencia viene dada por la necesidad de agua de riego. Cuando el requisito de agua de riego se suministra, las condiciones de crecimiento son óptimas (siempre que otros factores como la disponibilidad de nutrientes sean óptimos también). Si el requisito de riego no se cumple o sólo se cumple en parte, es probable que sea inferior a la óptima del rendimiento. La reducción de la producción depende de los volúmenes y los plazos de la escasez de agua.

Huella hídrica gris de un cultivo

El agua gris se define como la cantidad de agua necesaria para asimilar en el cuerpo de agua el contaminante que se trate. Se calcula como la división entre load (carga másica) y la diferencia entre el límite máximo permitido y la concentración natural de ese compuesto en el cuerpo de agua. Para facilitar el cálculo, el load se iguala al producto entre la tasa de aplicación del compuesto que se trate (AR), que para el sector agrícola es un fertilizante y un factor adimensional alfa (á), que para

el caso del nitrógeno adopta un valor del 10%.

$$WF_{proc.grey} = \frac{(\alpha \times AR) (C_{max} - C_{nat})}{Y}$$

En particular, para la provincia de San Luis, el compuesto químico investigado fue el nitrógeno y se asumió:

- Un valor de 10% como lo indica la WFN;
- La tasa de aplicación del fertilizante se determinó por cultivo, utilizando datos de la FAO, Instituto Nacional Tecnológico Agropecuario (INTA) y trabajos de investigación locales;
- Para el límite máximo de concentración se utilizó 45 mg/l que es la concentración de nitratos definida en el Código Alimentario Argentino;
- Para la concentración natural del cuerpo de agua se utilizó el valor de 0,4 mg/l de nitratos, que proviene del promedio de las concentraciones en agua superficial a nivel nacional (Subsecretaría de Recursos Hídricos).

Luego, sobre la base de una serie de intercambios técnicos con la WFN puede afirmarse lo siguiente:

- Se adoptó el valor de alfa de 10% para nitrógeno para ser coherentes con el nivel de TIER1 indicado en el manual;
- Se asumió, a pesar que no está explícito en la metodología, que la tasa de aplicación se expresa en kg Nitrógeno equivalente;
- El producto de α por la tasa de aplicación, es denominado por la literatura como pérdida de nitrógeno o exportación de nitrógeno. Los valores revisados son significativamente menores a los que resultan de dicho producto. La respuesta de la WFN a esa observación fue que de requerir resultados más precisos, deberían adoptarse modelos de pérdida/exportación de nitrógeno más sofisticados. Siguiendo ese lineamiento se identificó un modelo denominado Nitrate Leaching and Economic Analysis Package (NLEAP) de la United States Department of Agriculture (USDA), que fue utilizado en Argentina para el cálculo de las pérdidas de Nitrógeno. De considerar su desarrollo, se deberá contar con

datos más precisos sobre la aplicación del compuesto, ello debido a los requerimientos de los datos de entrada.

- A pesar que un mecanismo de transporte típico de los nitratos tiene como destino el agua subterránea, a nivel de TIER1 la metodología no establece diferencia entre cuerpos de agua superficial y agua subterránea.
- La revisión de la literatura indicó que como compuesto, el nitrógeno domina la cantidad de agua necesaria para asimilarlo, esto ocurre tanto para otros parámetros vinculados a los fertilizantes (fósforo y potasio), como plaguicidas y agroquímicos. Tomando en cuenta que la metodología no toma en cuenta la adicionalidad, considerar sólo el nitrógeno resulta pertinente.

Calibración del modelo CROPWAT

Como se comentara anteriormente, la cuantificación de la huella hídrica de los distintos sistemas de producción de la provincia de San Luis, requiere de una estimación de la cantidad de agua que evapotranspiran los cultivos en condiciones de secano y bajo riego. El modelo CROPWAT elaborado por FAO, es una de las herramientas que se emplea para realizar esa estimación para los estudios de huella hídrica.

Para estimar la evapotranspiración de los sistemas de producción mediante CROPWAT, se necesitaron los siguientes datos básicos:

- Decádicos de lluvias: lluvias acumuladas para períodos de 10 días (ver más adelante “archivos.crc”);
- Climáticos mensuales para el cálculo de la ETP: radiación, temperatura máxima y mínima, humedad relativa y viento⁴ (ver más adelante “archivos.pem”);
- Parámetros hídricos de los suelos: capacidad de retención, facilidad de infiltración, restricciones a la profundización (ver más adelante “archivos soi”);
- Parámetros de los cultivos⁵: duración de etapas, coeficientes de cultivo (Kc), profundidad de enraizamiento, umbrales de stress (ver más adelante “archivos.cro”).

La caracterización de las variables mencionadas se determinó sobre la base de la siguiente información:

- Información relevada por los equipos técnicos de San Luis Agua y el Ministerio del Campo dependiente del gobierno de la provincia de San Luis.
- Informes Australian Bureau of Rural Sciences (ABRS)

4- Los datos climáticos, tanto para lluvia como para ETP, son promedios que representa las condiciones imperantes entre los años 1960 y 2000 aproximadamente.

5- De acuerdo al Boletín N° 56 de FAO.

y Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR), 1999.

- Bases de datos climatológicas mundiales en Grilla, en particular CRU (Tyndall Centre for Climate Change Research).
- Bases de datos puntuales (Climwat y LocClim).
- Datos climáticos diarios de Va. Reynolds, San Luis y V. Dolores (Servicio Meteorológico Nacional).
- Series de particulares de lluvias históricas diarias en Tilisarao, La Cumbre y Batavia.
- Superficies de cultivo del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP) para los años 2006 a 2012.
- Cartas de suelo de la provincia de San Luis (INTA, 1:100.000): Villa Mercedes, San Luis, Arizona, Concarán, General Roca, Buena Esperanza, Martín de Loyola y Varela.
- Simulaciones previas de la fenología de cultivos extensivos con modelos Ceres Trigo, Ceres Maíz, Cropgro Soja, y Oilcrop Girasol, en distintos sitios de la provincia.
- Conocimiento experto del equipo técnico de trabajo.

A continuación se describe el procedimiento de desarrollo de cada una de las variables.

Lluvias (archivos.CRC)

Se empleó la base de la distribución de las lluvias realizado por ABRS y SEGEMAR (1999). Las lluvias promedio anual varían desde menos de 300 mm al noroeste provincial, a más de 700 mm en el centro de la misma, asociada a la orografía.

Dado que esa información es de escala anual, para llevarla a la escala decádica se utilizó la información de las series diarias de lluvias históricas. Teniendo en cuenta que dentro de cada rango de isoyetas anuales, puede haber variaciones de distribución de lluvias (algo más monzónicas hacia el norte y el noroeste), y para contemplar luego diferencias en ETP, se decidió aprovechar las divisiones que generan las cuencas hidrográficas, las que también serán utilizadas para la agregación de los datos de huella hídrica y en las etapas siguientes correspondientes al análisis de sostenibilidad (Cuadro 4.1). En las cuencas del Conlara y del Río Quinto, se separaron también fracciones Este - Oeste y Norte - Sur (en Conlara), aprovechando la separación física y para considerar algunas diferencias topográficas que tienen estas cuencas (Figura 4.2).

Cuadro 4.1. Archivo de Lluvias.crc

Cuenca	Precipitación	Archivo.crc
Desaguadero	<300	SLDes275
	300 a 400	SLDes350
Vilance	<300	SLVil275
	500 a 600	SLVil350
	600 a 700	SLVil450
	>700	SLVil550
Llanura Norte	300 a 400	SLYNt350
	400 a 500	SLYNt450
	500 a 600	SLYNt550
	600 a 700	SLYNt650
Conlara	600 a 700	SLCon650w
	500 a 600	SLCon550n
	500 a 600	SLCon550s
	600 a 700	SLCon650e
Salinas Bebedero	300 a 400	SLBeb350
	400 a 500	SLBeb450
	500 a 600	SLBeb550
	600 a 700	SLBeb650
	>700	SLBeb725
Río Quinto	>700	SLQto725
	600 a 700	SLQto650w
	500 a 600	SLQto550w
	400 a 500	SLQto450
	500 a 600	SLQto550e
	600 a 700	SLQto650e
Llanura Sur	400 a 500	SLYSu450
	500 a 600	SLYSu550
Salado	300 a 400	SLSlD350
	400 a 500	SLSlD450

De esta manera se generaron los archivos de lluvias decádicas que necesita CROPWAT (archivos.crc). Como ejemplo de las diferencias de lluvias entre sitios, se presenta la distribución de tres zonas donde llueven 550 mm al año, sobre la base del mapa anterior (Cuadro 4.2).

Figura 4.1. Lluvias en la Provincia de San Luis

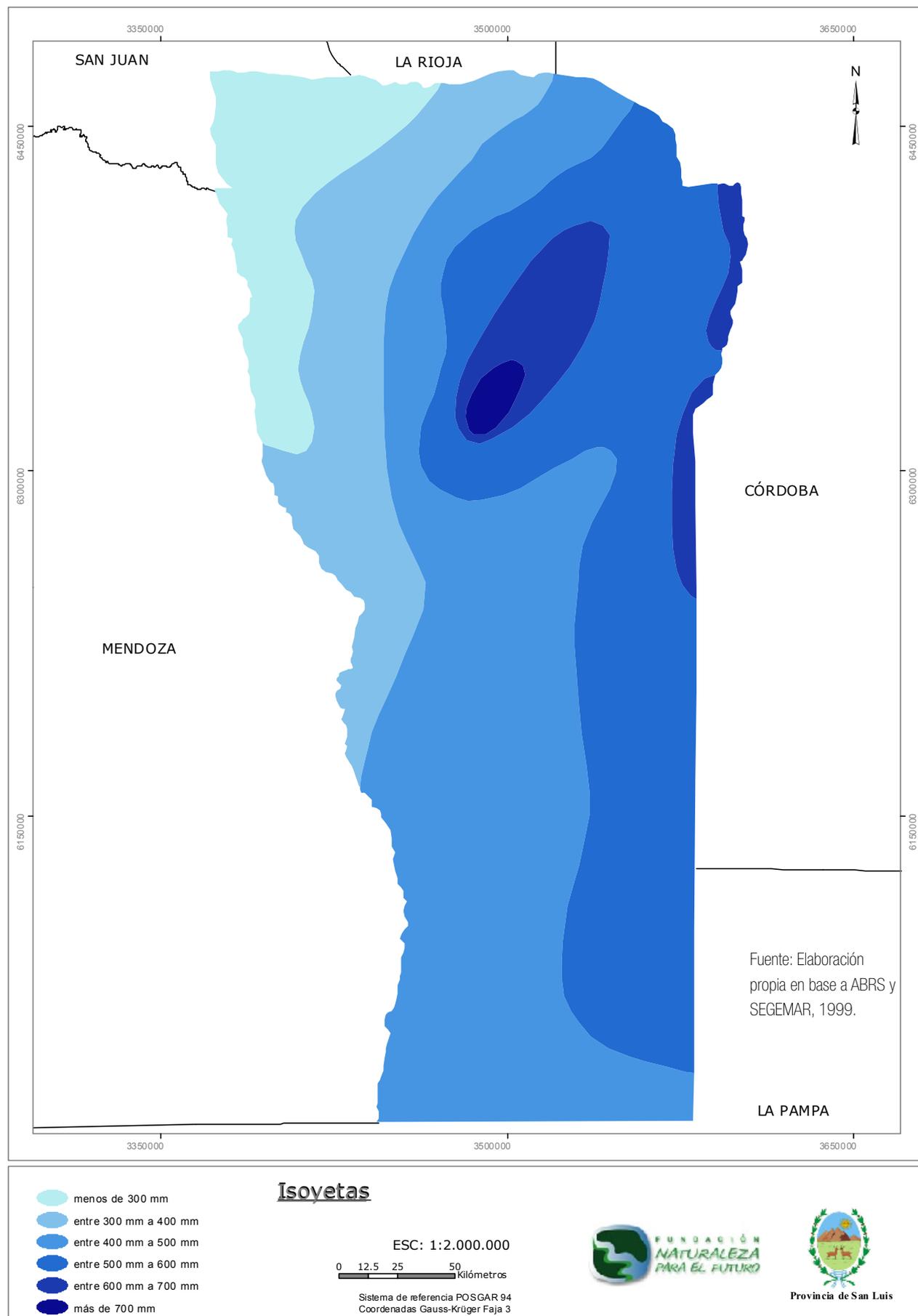
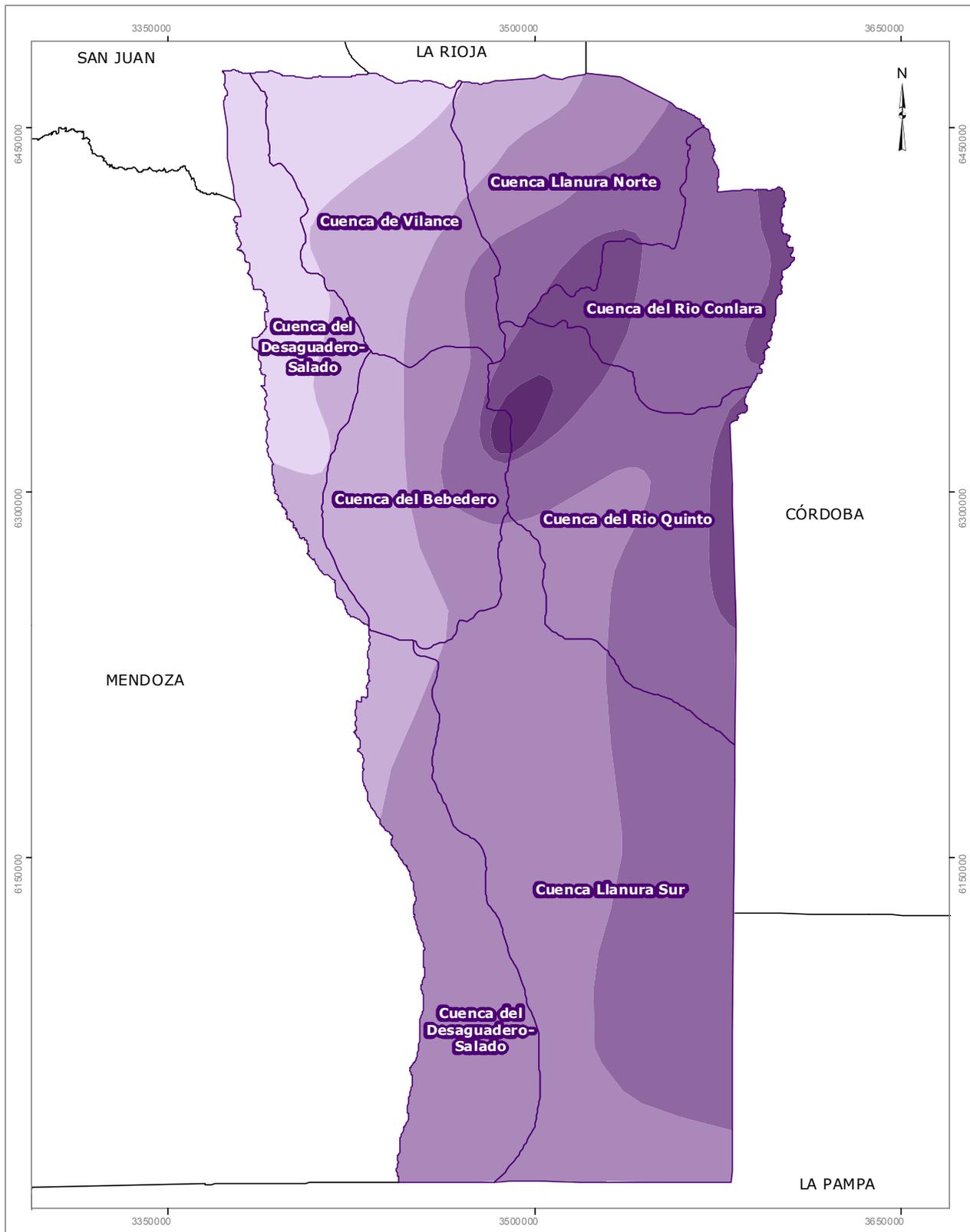


Figura 4.2. Unidades climáticas



Unidades Climáticas

- menos de 300 mm
- entre 300 mm a 400 mm
- entre 400 mm a 500 mm
- entre 500 mm a 600 mm
- entre 600 mm a 700 mm
- más de 700 mm

ESC: 1:2.000.000
 0 12.5 25 50 Kilómetros

Sistema de referencia POSGAR 94
 Coordenadas Gauss-Krüger Faja 3



Provincia de San Luis

Cuadro 4.2. Lluvias por Década (1°, 2° y 3°) para cada Mes del Año en Cuatro Zonas con 550 mm Anuales

	Con550N			Beb550			Qto550b			Ysu550		
	1°d	2°d	3°d	1°d	2°d	3°d	1°d	2°d	3°d	1°d	2°d	3°d
Ene	35,2	29,1	35,3	36,0	30,6	34,2	33,5	29,0	28,6	32,3	25,0	32,8
Feb	35,5	30,8	21,2	21,5	32,2	27,1	23,2	25,6	24,5	27	24,9	19,8
Mar	25,1	30,2	22,5	24,8	26,6	24,6	22,1	25,2	26,4	24,2	21,9	27,2
Abr	14,8	10,8	9,4	15,1	10,9	10,6	16,8	11,4	12,4	17,9	14,6	15,1
May	4,6	3,3	4,8	3,5	6,0	4,4	5,4	7,4	7,0	4,3	7,3	5,2
Jun	2,7	1,2	2,4	2,7	3,7	2,5	3,1	2,8	3,0	2,4	3,9	3,6
Jul	4,0	3,6	4,8	1,8	2,5	3,8	4,0	3,6	4,6	3,6	3,3	4,3
Ago	2,8	0,5	2,9	2,8	0,9	3,9	3,0	1,8	7,2	4,9	2,0	8,6
Sep	4,1	6,3	11,9	4,0	4,9	11,6	5,1	6,5	13,0	3,9	8,0	12,3
Oct	6,8	6,5	19,4	7,7	8,1	15,9	11,9	12,5	18,8	14,3	12,4	19,1
Nov	17,9	19,5	24,0	19,0	19,3	27,7	23,9	19,5	18,3	20,1	14,6	22,3
Dic	30,8	33,6	32,2	30,9	32,1	35,9	24,5	28,0	36,5	23,8	32,1	31,0

Evapotranspiración Potencial (archivos.PEM)

El modelo CROPWAT calcula la ETP de acuerdo al método presentado por el Boletín N° 56 de FAO. Las distintas zonas de la provincia difieren bastante en cuanto a la temperatura, humedad, velocidad del viento y radiación. Empleando las bases de datos globales y regionales, se estimaron esas diferencias promedio históricas.

En los archivos de demanda atmosférica del CROPWAT (archivos.pem) originados en este proyecto, se encuentran mes por mes la temperatura máxima y mínima, la heliofanía, la velocidad del viento y la humedad relativa. Para mostrar las diferencias regionales, se presentan los valores en temperatura media mensual para el trimestre de la primavera y el verano, en el que tienen un fuerte crecimiento cultivos tempranos y tardíos respectivamente (Cuadro 4.3). También se presenta la humedad relativa a la salida del invierno (SON) que varía mucho entre localidades y la de verano (DEF), mucho menos variable. Por último, la velocidad media del viento en esos mismos períodos, también muestran las fuertes diferencias a la salida del invierno.

Cuadro 4.3. Temperatura Media, Humedad Relativa y Velocidad de Viento.

Valores Medios Históricos para Distintas Zonas de la Provincia de San Luis

ZONAS	Temp. Media C°		Hum. Relativa %		Viento Km./d	
	OND	EFM	SON	DEF	SON	DEF
Desaguadero	22,4	24,4	49	54	268	243
Vilance Este	23,3	24,8	50	56	268	243
Llanura Norte	24,0	25,4	51	56	257	212
Conlara Norte	21,5	23,0	48	58	213	180
Conlara Sur	18,6	20,7	63	69	223	197
Bebedero Este	21,2	22,8	47	50	300	265
Quinto Este	19,6	21,7	58	63	233	213
Llanura Sur E	20,4	22,6	58	58	207	200
Salado	20,4	22,6	50	50	187	185

Notas: OND= octubre, noviembre, diciembre; EFM= enero, febrero, marzo; SON = invierno; DEF = verano.

CROPWAT utiliza los datos para conocer la radiación (en base a heliofanía, día del año y latitud) y luego calcula Evapotranspiración Potencial (con todos los datos). Las diferencias en radiación se deben en parte a la latitud, pero fundamentalmente al grado de nubosidad y por eso hay menos radiación en las zonas con más lluvia. A lo largo del año la longitud de los días y la lejanía al sol, es la principal determinante de las diferencias estacionales (Cuadro 4.4).

Las diferencias en todas las variables climáticas previas, dan origen a cambios en la demanda de agua para los cultivos, que se sintetizan en la Evapotranspiración Potencial del cultivo de referencia (ETP).

Los distintos contenidos de humedad del aire y velocidad del viento que caracterizan a la provincia, se traducen en diferencias de demanda a la salida de la primavera, que se traducen hacia el noroeste de la Provincia, en mayores costos hídricos para acumular biomasa para los cultivos que tengan mucha cobertura en esos momentos. En cambio, algunas diferencias en verano están relacionadas también con una mayor carga radiactiva que, bien utilizada puede dar lugar a productividades similares del agua.

Las unidades de ETP coincidentes con las de precipitaciones, se observan en la Figura 5.2., estableciéndose un total de 29⁶.

Cuadro 4.4. Radiación Incidente y Evapotranspiración Potencial del Cultivo de Referencia para Distintas Zonas de la Provincia de San Luis

ZONAS	Radiación MJ/m ² d			ETP mm/d		ETP mm
	DEF	MA	SON	DEF	Anual	
Desaguadero	24,2	17,0	5,4	6,6	1.622	
Vilance Este	23,5	16,8	5,3	6,5	1.610	
Llanura Norte	22,8	16,5	5,3	6,3	1.554	
Conlara Norte	21,5	15,7	4,7	5,4	1.367	
Conlara Sur	22,1	15,5	3,9	4,9	1.185	
Bebedero Este	24,2	16,8	5,4	6,6	1.622	
Quinto Este	22,0	15,1	4,2	5,4	1.289	
Llanura Sur E	22,6	14,7	4,2	5,9	1.326	
Salado	23,5	15,2	4,4	6,2	1.387	

Notas: DEF= diciembre, enero, febrero; MA= marzo, abril; SON = invierno; DEF = verano.

6- SLBeb350, SLBeb450, SLBeb550, SLBeb650, SLBeb725, SLBCon550n, SLBCon550s, SLBCon650e, SLBCon550w, SLQto450, SLQto550e, SLQto550w, SLQto650e, SLQto650w, SLQto725, SLSId275, SLSId350, SLSId450, SLVil275, SLVil350, SLVil450, SLVil550, SLVil650, SLYNt275, SLYNt350, SLYNt450, SLYNt550, SLYSu350, SLYNt450, SLYNt550.

Suelos (archivos.SOI)

En base a las cartas de suelo de la provincia de San Luis (INTA, escala 1:100.000), se realizó una lista de todas las series de suelo que son dominantes en alguna unidad cartográfica. Descartando sólo unas pocas zonas por ser muy saladas y por ser montañas, quedan definidas 65 series de suelo (Figura 4.3).

A partir de esta diferenciación se definieron los suelos sobre la base de las variables que requiere el CROPWAT; así considerando la textura del primer metro del suelo se establecieron distintas clases de retención de humedad, que se combinaron con algunas situaciones de restricción absoluta a la profundización (toscas cementadas y piedra). También sobre la base de las características de superficie (pendiente y textura superficial), se establecieron facilidades para la infiltración. Quedaron así definidos 13 tipos de suelo (algunos representan sólo a alguna serie de suelos y otros a varias), a lo largo de la provincia (Cuadro 4.5 y Figura 4.4).

En aquellas series denominadas como “no series” por el INTA, se definió el tipo de suelo en función del patrón espacial, asignándose los parámetros de acuerdo a la serie que mejor correspondiera.

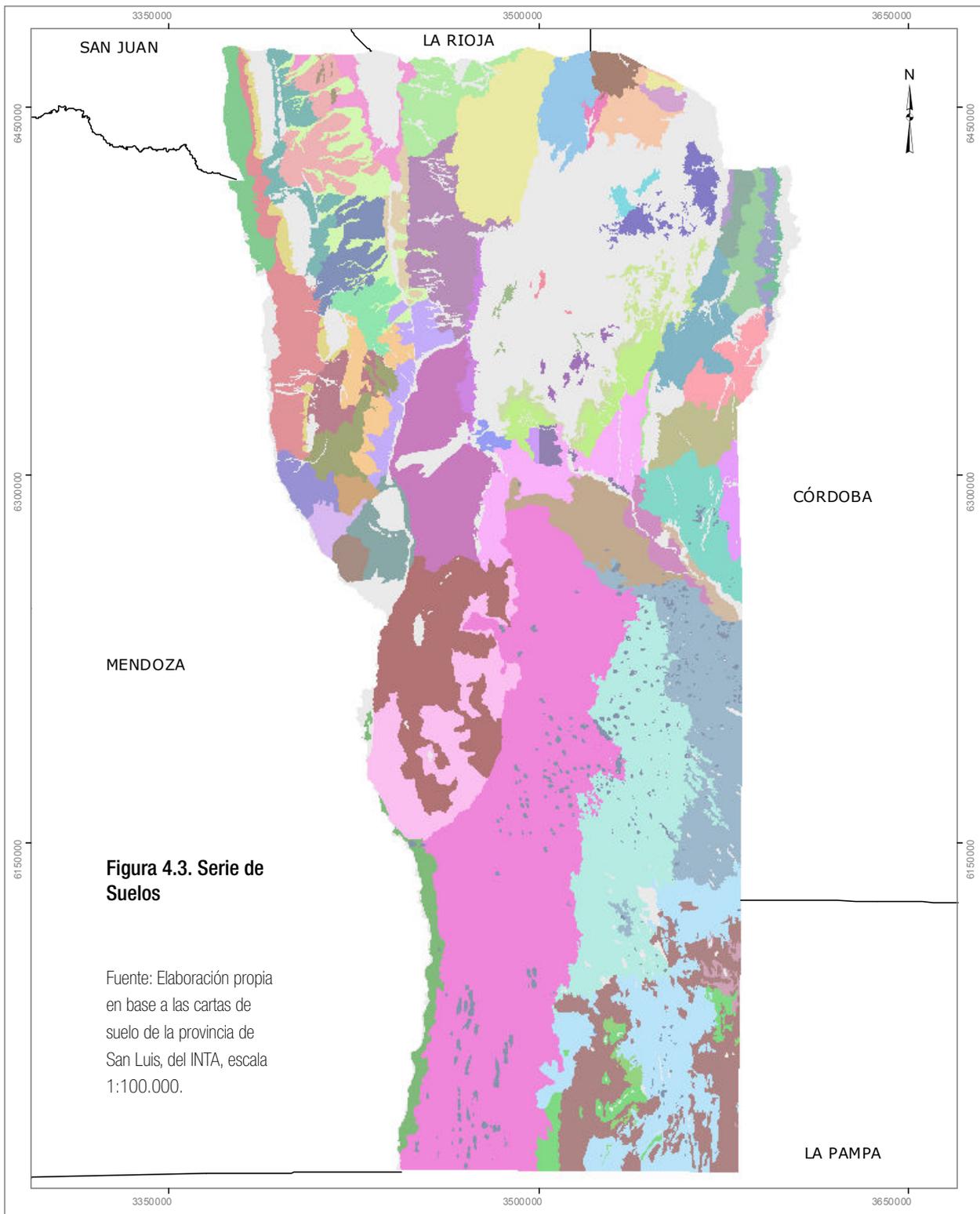


Figura 4.3. Serie de Suelos

Fuente: Elaboración propia en base a las cartas de suelo de la provincia de San Luis, del INTA, escala 1:100.000.

Serie ALTO NEGRO	Serie EL ESPINILLO	Serie LA FLO RIDA	Serie PARADERO LAS VIZCACHERAS
Serie ANCHORENA	Serie EL MEDANITO	Serie LA GUARDIA	Serie PIEDRA DEL AGUA
Serie ARZONA	Serie EL PORT EZUELO	Serie LA PET RA	Serie POZO CAVADO
Serie BALDE DE AZCURRA	Serie EL RAMBLON	Serie LA TOMA	Serie QUINES
Serie BALDE DE ESCUDERO	Serie ESTACION BALDE	Serie LA VERDE	Serie RIO SALADO
Serie BALZORA	Serie ESTACION MO SMOTA	Serie LAS CANADAS	Serie SAN FELIPE
Serie BATAVIA	Serie ESTANCIA LA FELICIDAD	Serie LAS LIEBRES	Serie SAN LUIS
Serie BEAZLEY	Serie ESTANCIA LA PET RA	Serie LOMAS BLANCAS	Serie SAN PEDRO
Serie BELLA VISTA	Serie FRAGA	Serie LOMITA TURNASTA	Serie SANTA MARTINA
Serie BUENA ESPERANZA	Serie G RANVILLE	Serie LOS MORTERITOS	Serie SANTA ROSA DEL CONLARA
Serie CANDELARIA	Serie GUANA CO PAMPA	Serie MONTE VERDE	Serie SANTO DOMINGO
Serie CHOSMES	Serie HUALTARAN	Serie MOSMOTA	Serie SO VEN
Serie COMANDANTE GRANVILLE	Serie HUANACACHE	Serie NAHUEL MAPA	Serie TARUCA PAMPA
Serie CORTADERAS	Serie INGENIERO FOSTER	Serie NASCHEL	Serie VARELA
Serie CRAMER	Serie JARILLA	Serie NO GOLLI	Serie VILLA LARCA
Serie DONADO	Serie LA BAJADA	Serie PAMPA DE CONTRERAS	Serie VILLA MERCEDES
Serie EL CHORRILLO	Serie LA BOTIJA	Serie PAMPA DE SAN MARTIN	Serie VILLA REYNOLDS

Serie de Suelos
Provincia de San Luis

ESC: 1:2.000.000

0 12,5 25 50 Kilómetros

Sistema de referencia POSGAR 94
Coordenadas Gauss-Krüger Faja 3



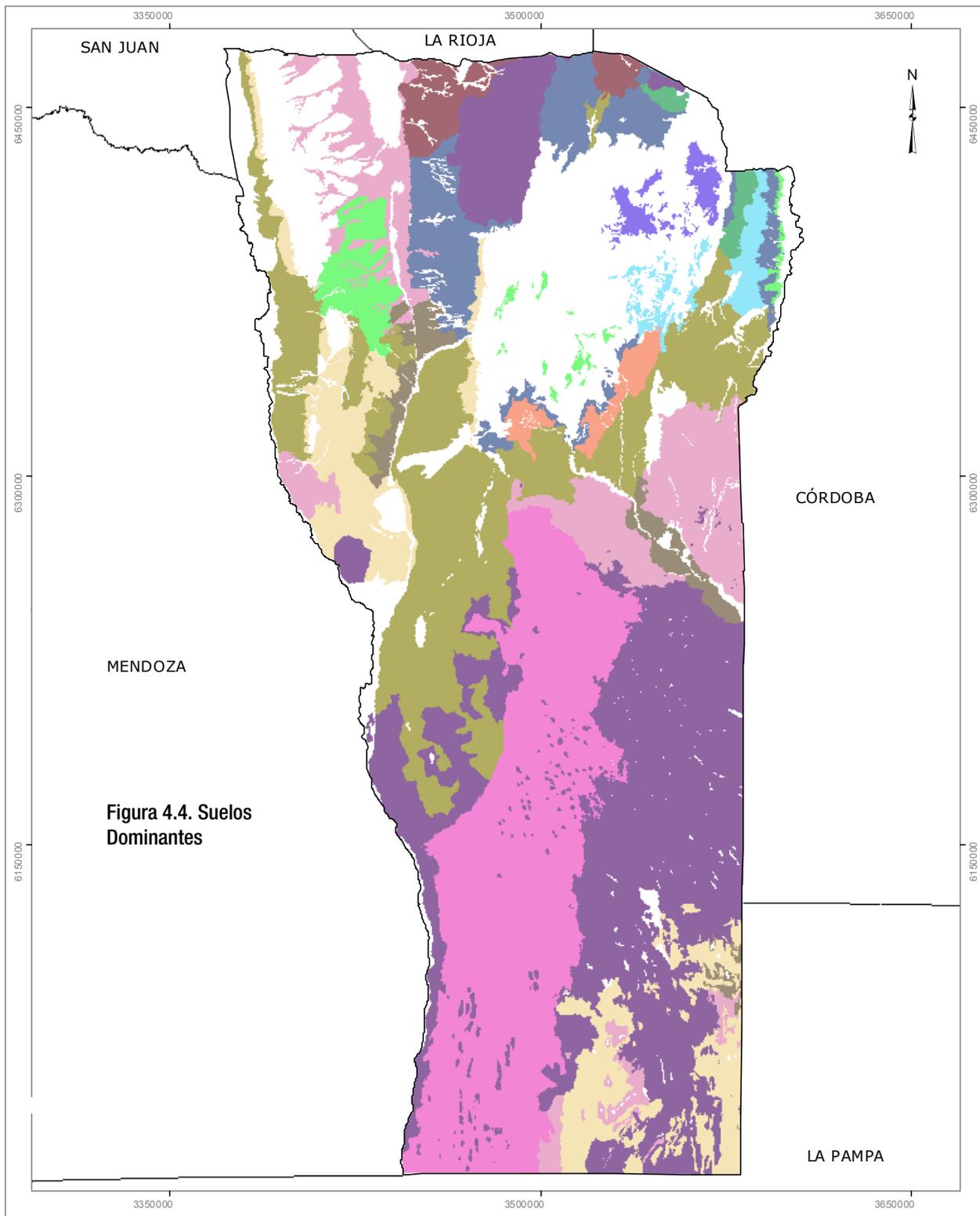
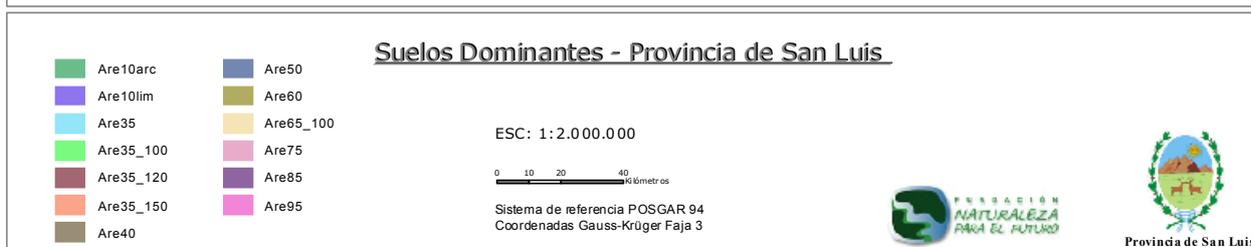


Figura 4.4. Suelos Dominantes



Cuadro 4.5 Tipos de Suelo Utilizados para Simular los Cultivos en CROPWAT

Suelo. SOI	Arena %	Agua Util mm/n	Impedancia a cm.
Are10arc	5	140	
Are10lim	10	150	
Are35	35	140	
Are35_100	30	140	100
Are35_120	30	140	120
Are35_150	35	130	150
Are40	40	130	
Are50	50	130	
Are60	55	120	
Are65_100	55	120	100
Are75	70	100	
Are85	85	80	
Are95	95	60	

En aquellas series denominadas como “no series” por el INTA, se definió el tipo de suelo en función del patrón espacial, asignándose los parámetros de acuerdo a la serie que mejor correspondiera.

El Cuadro 4.5 muestra para la provincia de San Luis, un rango de suelos con texturas muy diferentes, en especial por su contenido de arena; desde suelos con menos del 35% de arena a otros con más del 90%, muy extendidos en la llanura medanosa del centro sur provincial.

Esas diferencias se traducen en modificaciones de la retención de humedad que van desde unos 60 mm por metro en los más arenosos, a 150 mm/m en los más limosos, estos últimos sólo están representados en algunos de los tradicionales valles de regadío de la provincia. La estimación de retención se realizó en base a una metodología desarrollada por Joe Ritchie y colaboradores en 1990, que se basa a su vez en mediciones de límites hídricos (punto de marchitez permanente y capacidad de campo), con cultivos a campo sobre una muy amplia base de texturas de suelo publicada por Ractliff (1983).

A los contrastes en textura se agrega que algunas clases se simularon con restricciones severas de profundidad, con tosca cementada o piedra. Esa limitación puede aparecer a los 50 cm (los suelos de alta montaña escarpados, no incluidos, suelen ser más someros), pero también puede estar a los 150 cm y ser, sin embargo, una restricción para algunos cultivos y estrategias de producción. Por último, se agregan también algunas diferencias de infiltración, dado que hay suelos capaces de infiltrar una lluvia de hasta 60 mm en un día y otros sólo 20 mm, los que aparecen también en parte de los valles tradicionales de regadío.

La posibilidad de hacer cultivos en secano depende fuertemente de las características de retención de humedad. En zonas semiáridas la agricultura se basa en trasladar agua de algunas épocas del año a otras donde las utiliza un cultivo. El suelo, mediante su capacidad de almacenar, es el vehículo para ese transporte. Esa capacidad permite también manejar mejor el riego, evitando pérdidas por drenaje profundo y permitiendo regar en momentos más eficientes para el almacenamiento de agua. Sin embargo, para ambos sistemas, pero con mucho impacto cuando se riega con pivotes centrales, la capacidad de infiltración es crítica. La provincia tiene la ventaja de tener disponibilidad de agua subterránea en suelos que permiten una gran lámina de riego, en cambio sobre los valles y en general en los suelos más limosos, la infiltración puede ocasionar problemas.

Cultivos (archivos.CRO)

El cuarto componente de la base de datos para utilizar CROPWAT, es el cultivo y su manejo. Además de la especie, existen diferencias por la época en la que se producen y la viabilidad o no de algunos planteos en secano.

Dentro de la provincia hay zonas con una restringida estación de crecimiento: cerca de Villa Mercedes, en los lugares altos de las cuencas del Río Quinto y Conlara, en el extremo este de la Cuenca del Bebedero y en el sur de la provincia. Otras, en cambio, tienen una amplia estación que permite cultivos más tempranos o tardíos, e incluso dobles cultivos, en especial en la llanura Norte bajo riego.

Teniendo en cuenta esas combinaciones y las posibles secuencias de cultivo, se armaron diferentes manejos de cultivos. Muchos de los cuales son viables y en

algunos casos muy usados, tanto en riego como en secano. Algunos sólo son viables bajo riego, mientras que otros se usan en secano.

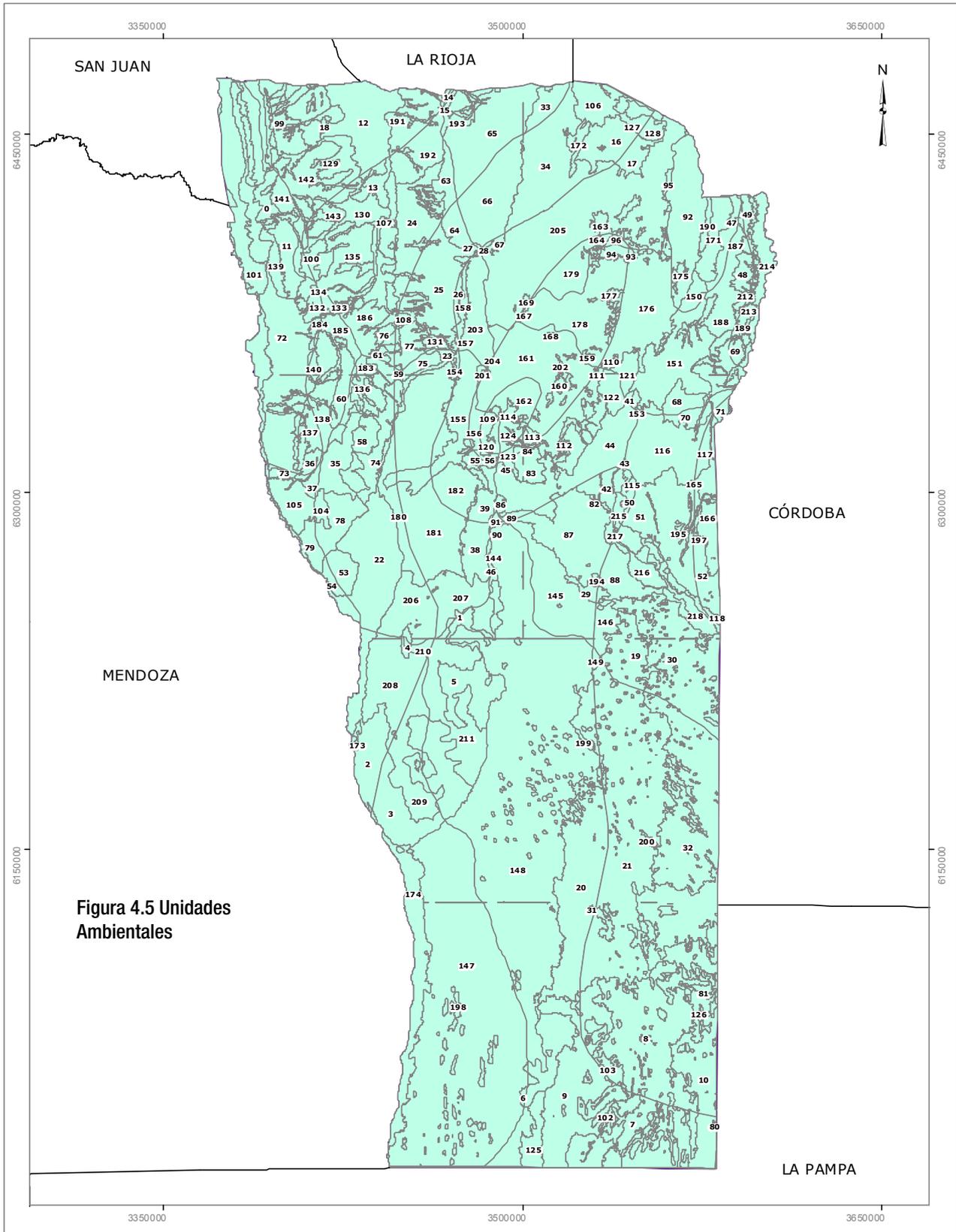
Se detallan a continuación los tipos de cultivo y manejo más frecuente (la fecha de comienzo y fin de la simulación del requerimiento hídrico, el coeficiente (Kc) máximo de cultivo y la profundidad hasta la que pueden llegar las raíces).

UNIDADES AMBIENTALES

El cruce territorializado de las variables: lluvias, ETP y suelos, dio por resultado 219 unidades que totalizan la superficie de la provincia de San Luis (75.000 km² aproximadamente) (Figura 4.5). Esta desagregación en unidades más pequeñas permite una cuantificación que refleja una buena aproximación de la realidad del consumo de agua en el territorio analizado.

VEGETACIÓN Y CULTIVOS EN LA PROVINCIA DE SAN LUIS

La forma en que usamos el territorio es determinante de los resultados productivos y su impacto en el ambiente. En la provincia de San Luis las precipitaciones oscilan entre los 250 a los 800 mm anuales y posee suelos que cubren texturas desde franco arcillosas en los valles de algunos ríos, hasta arena francas en una extensa área medanosa al sur de la provincia. En muchos ambientes aún quedan parches más o menos grandes de vegetación natural, sin embargo, los sistemas de producción que implementa la sociedad son hoy los principales moduladores de vastas áreas. Se presenta a continuación una estimación de la distribución de la vegetación natural y antrópica, de San Luis como un paso necesario para cuantificar la huella hídrica de los distintos sistemas de producción y que puede también ser útil para otros proyectos que emprenda el Gobierno de San Luis.



Unidades Ambientales

ESC: 1:2.000.000

0 12,5 25 50 Kilómetros

Sistema de referencia POSGAR 94
Coordenadas Gauss-Krüger Faja 3



Provincia de San Luis

5. Cultivos Extensivos

Para estimar la producción agrícola provincial se han utilizado distintas fuentes de datos; como principal se empleó el registro brindado por el Subprograma de Producción Agrícola del Ministerio del Campo del Gobierno de la provincia de San Luis. Estos datos son coincidentes con los que provee el Sistema Integrado de Información Agropecuaria del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación y dan cuenta de la superficie cultivada, superficie cosechada, producción total y rendimientos promedios para los cultivos extensivos referenciados con detalle a nivel departamental. Así, la información estadística disponible a escala provincial sólo permite estimar la distribución de cultivos por departamento.

La metodología utilizada en el presente estudio requiere un nivel de detalle mayor de distribución de cultivos; la oferta de agua y los tipos de suelos varían dentro de los mismos, por lo que se hace necesario un conocimiento más detallado que permita trasladar la información de cada departamento, a cada una de las sub unidades para correr el modelo CROPWAT, determinadas éstas por la superposición de la información clima, suelo y precipitaciones. Para ello fue necesario obtener una estimación con un detalle mayor de georreferenciación.

La disponibilidad de imágenes satelitales de alta resolución temporal (al menos dos imágenes por mes con cobertura total de la región), con una resolución espacial de aproximadamente 6 ha, a partir del proyecto MODIS, permite estimar la dinámica de la vegetación en el tiempo. A partir del conocimiento experto de los sistemas de producción y la estacionalidad de la vegetación, se confeccionó un mapa con los tipos de cultivos como apoyo a la estimación de la distribución de cultivos.

Metodología

El tipo de cobertura vegetal determina la estacionalidad de la productividad de la vegetación. Esa estacionalidad puede estimarse mediante sensores remotos a través de evaluar la dinámica del Índice Verde Normalizado (NDVI), un cociente de distintas bandas de radiación que estima de manera certera la actividad vegetal en el territorio. Sin embargo, aunque el tipo de vegetación condiciona la estacionalidad, la misma puede ser afectada por muchos factores ambientales, siendo la

disponibilidad de agua uno de los más importantes. Para generar las capas de vegetación provincial, se creó un set cronológicamente ordenado de 25 imágenes (una cada 16 días, evitando días nublados), desde el invierno de 2008 al invierno de 2009, con un grado de resolución espacial de 250 x 250 m., disponibles de la red dentro del proyecto MODIS de la NASA (Cuadro 5.1). Dicho cuadro es relevante para comprender la “Caracterización del comportamiento fenológico de las clases de coberturas” que se presenta en el Anexo I. La campaña fue elegida por ser relativamente reciente y haber sido una campaña con buena distribución de lluvias, reduciendo de esa manera la influencia del déficit hídrico sobre la dinámica anual y haciendo así más discernible distintos manejos, fundamentalmente épocas de siembra en los cultivos, intensidad, cultivos perennes herbáceos o arbóreos. Esa descripción es sumamente útil para acotar el tipo de cultivos que hay, es por ello que el trabajo se recortó a un año, dado que el mapa permite conocer dónde se realizan cultivos anuales y si los mismos tienden a ser tempranos o tardíos o si se hace un cultivo perenne o dos cultivos. Los mapas se realizaron a partir de métodos de clasificación supervisada, con áreas de entrenamiento para determinar las clases gruesas y con sucesivas interacciones de clasificaciones no supervisada para discriminar entre tipos de cultivos por la fenología. La clasificación fue revisada y corregida mediante un mosaico de imágenes Landsat (30

Imágenes MODIS utilizadas		
Día	Fecha	Posición en el stack
193	11-07-08	1
209	27-07-08	2
225	12-08-08	3
241	28-08-08	4
257	13-09-08	5
273	29-09-08	6
289	15-10-08	7
305	31-10-08	8
321	16-11-08	9
337	02-12-08	10
353	18-12-08	11
1	03-01-09	12
17	19-01-09	13
33	04-02-09	14
49	20-02-09	15
65	08-03-09	16
81	24-03-09	17
97	09-04-09	18
113	25-04-09	19
129	11-05-09	20
145	27-05-09	21
161	12-06-09	22
177	28-06-09	23
193	14-07-09	24
209	30-07-09	25

Cuadro 5.1
Fechas de las Imágenes MODIS Utilizadas y su Posición en el Set de Datos Generado para cada Fecha

x 30 m. de resolución), correspondiente a la región para los meses de verano del mismo año, disponibilidad de manejo de lotes en algunos campos (gentileza empresa Ser Beef S.A. y otras estimaciones en recorridos por rutas) y utilizando el patrón espacial que se puede observar con Google Earth (por ejemplo para corroborar lotes agrícolas o con monte).

Caracterización del Comportamiento Fenológico de las Clases de Coberturas

La clasificación supervisada permitió diferenciar 5 tipos de vegetación en la provincia de San Luis:

- Cultivos (cultivos anuales y pasturas muy productivas)
- Pastizales y Pasturas (no incluye alfalfares muy productivos)
- Bosques de Caldén
- Bosque Chaco árido
- Ecotono Chaco árido-Monte.

Dentro de los cultivos, en base a la fenología del Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), se diferenciaron:

- Cultivos de verano tempranos (siembras en octubre aproximadamente),
- Cultivos de verano tardíos (siembras de mediados noviembre-diciembre),
- Cultivos de verano poco productivos (no alcanzan un pico definido claro de NDVI, posiblemente por estrés o problemas de implantación o manejo, también es posible que una parte de este área sea en realidad de pasturas viejas o algunas situaciones puntuales de lotes de pastizal),
- Dobles cultivos (dos cultivos de grano en el mismo año); por ejemplo puede tratarse de la secuencia de trigo con soja de segunda o maíz.
- Verdeos de invierno cultivos de verano: en esta categoría el primer cultivo puede ser para cobertura o para pastoreo, aunque también es posible que algunos sólo sean lotes muy enmalezados. El segundo cultivo puede ser de grano, típicamente soja en la región o también un cultivo para pastoreo (por ejemplo un sorgo),
- Pasturas muy productivas (consociaciones con alfalfa en la porción húmeda o con napa cercana en el sur de la provincia o bajo riego).

La clasificación de cultivos por la dinámica de su cobertura permite hacer inferencias del cultivo de que se trata. Así por ejemplo el girasol y el maíz son los cultivos

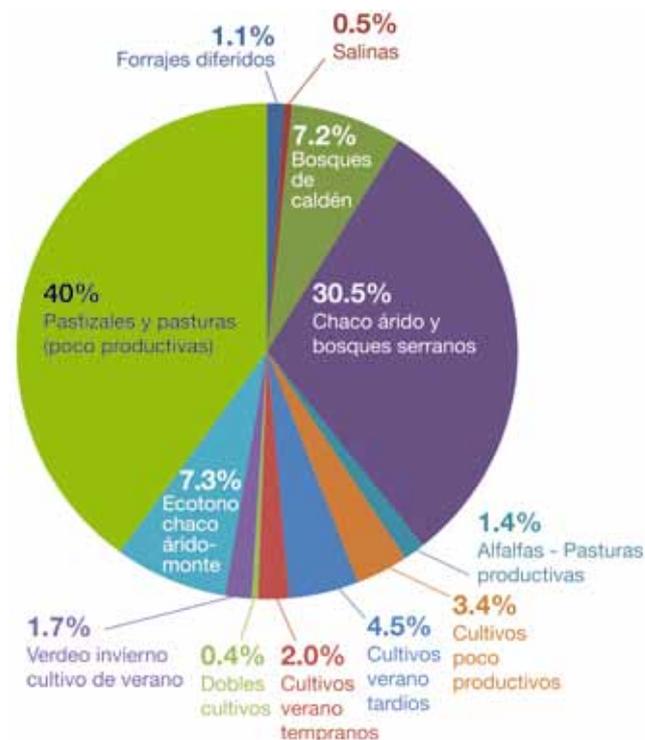
que se siembran temprano; en cambio en la siembra tardía es difícil que haya girasol, luego el sorgo y fundamentalmente maíz y soja, son los cultivos de esta época. En base a ese tipo de secuencias lógicas se generó una distribución de las áreas de cultivo estimadas por departamento (se tuvo en cuenta las áreas desde la campaña 2006/7 a 2011/12).

Por último, dentro de “Pastizales y Pasturas” se separaron:

- Forrajes de verano: pastizales naturales o pasturas de Llorón o Digitaria que parecen estar bajo pastoreo y
- Forrajes diferidos: esta categoría puede obedecer a un manejo puntual del año, en aquellos lotes que se ha diferido el crecimiento del verano al otoño invierno donde comienza a pastorearse (tal vez prepondere algún tipo de las coberturas de forrajes de verano –Digitaria- pero no es posible asegurarlo).

En la siguiente figura se presenta el porcentaje de área ocupada por cada una de las coberturas descriptas.

Figura 5.2 Área Ocupada por Diversas Coberturas. Provincia San Luis



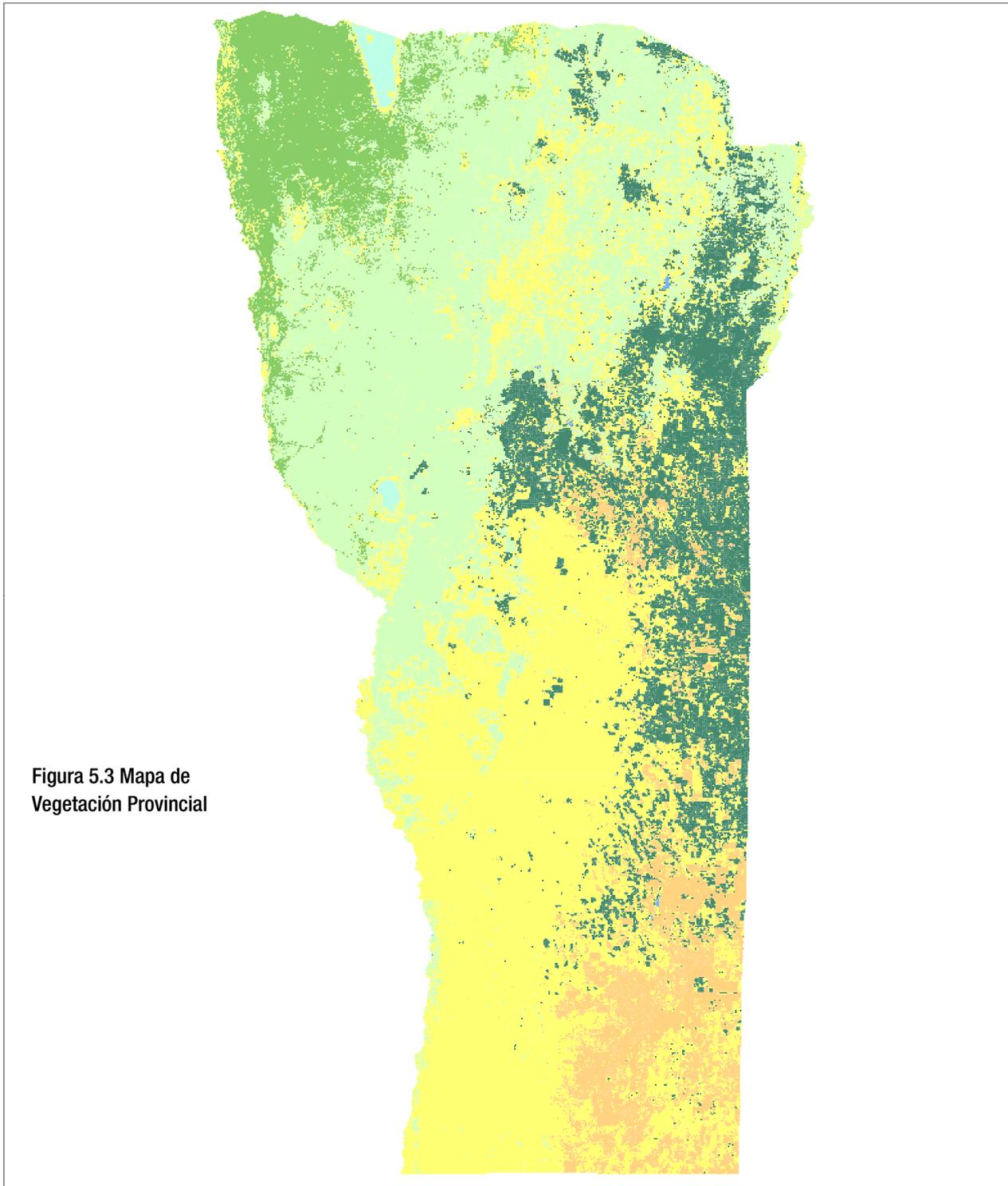


Figura 5.3 Mapa de Vegetación Provincial

Leyenda		<u>Paisajes - Cultivos</u>	
	Chaco árido y bosques serranos	<p>ESC: 1:2.000.000</p>  	 <p>FUNDACIÓN NATURALEZA PARA EL FUTURO</p> 
	Ecotono chaco árido - monte		
	Calden		
	Forrajes totales		
	Cultivos		
	Salinas		
	Cuerpos de agua		

Como se mencionara anteriormente, sobre la base de las clasificaciones realizadas se describe en el Anexo I la estacionalidad promedio de cada tipo de vegetación; también se presentan los valores de índice verde del promedio +/- el desvío estándar de cada fecha para el conjunto de unidades de la clase y de igual forma se presentan el valor máximo y mínimo.

Mapa de Vegetación Provincial

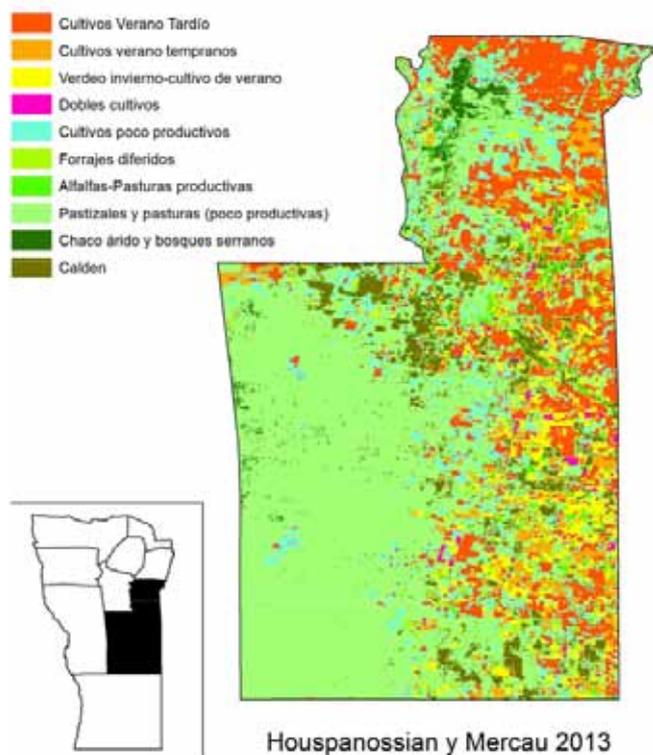
A partir de la metodología de trabajo descrita se construyó el mapa de vegetación de la Provincia de San Luis (Figura 5.3)

Posteriormente, se realizó un cruce entre los datos suministrados a nivel departamental y la especialización obtenida a partir del mapa de cultivos.

A modo de ejemplo se presenta el mapa para el Departamento Pedernera.

Tomando como fuente válida el dato suministrado de la superficie cultivada y de la producción de cada cultivo por departamento, se asoció a cada una de las siete categorías determinadas por el mapa de cultivos, aque-

Figura 5.4. Distribución de los Cultivos. Dpto. Pedernera. Prov. de San Luis

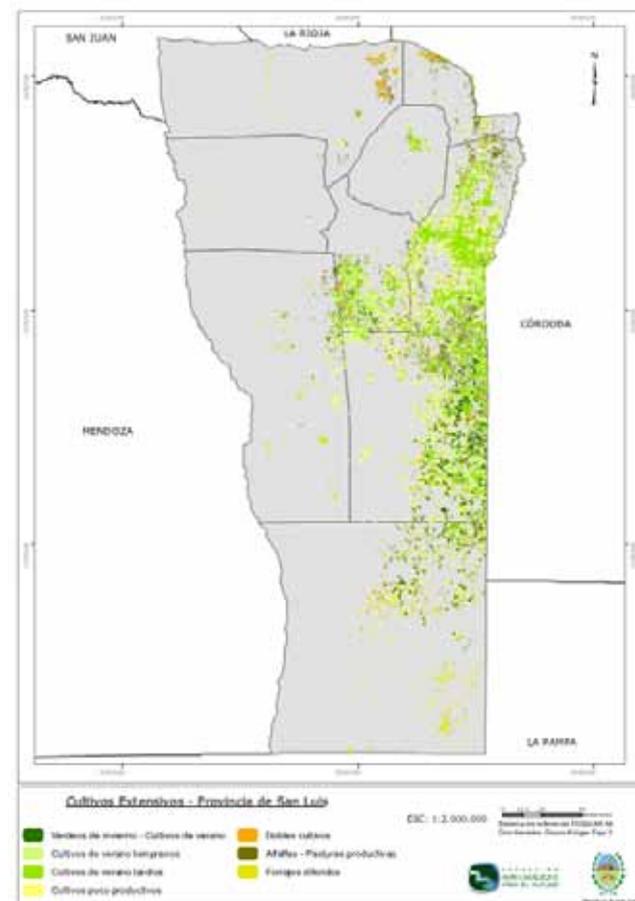


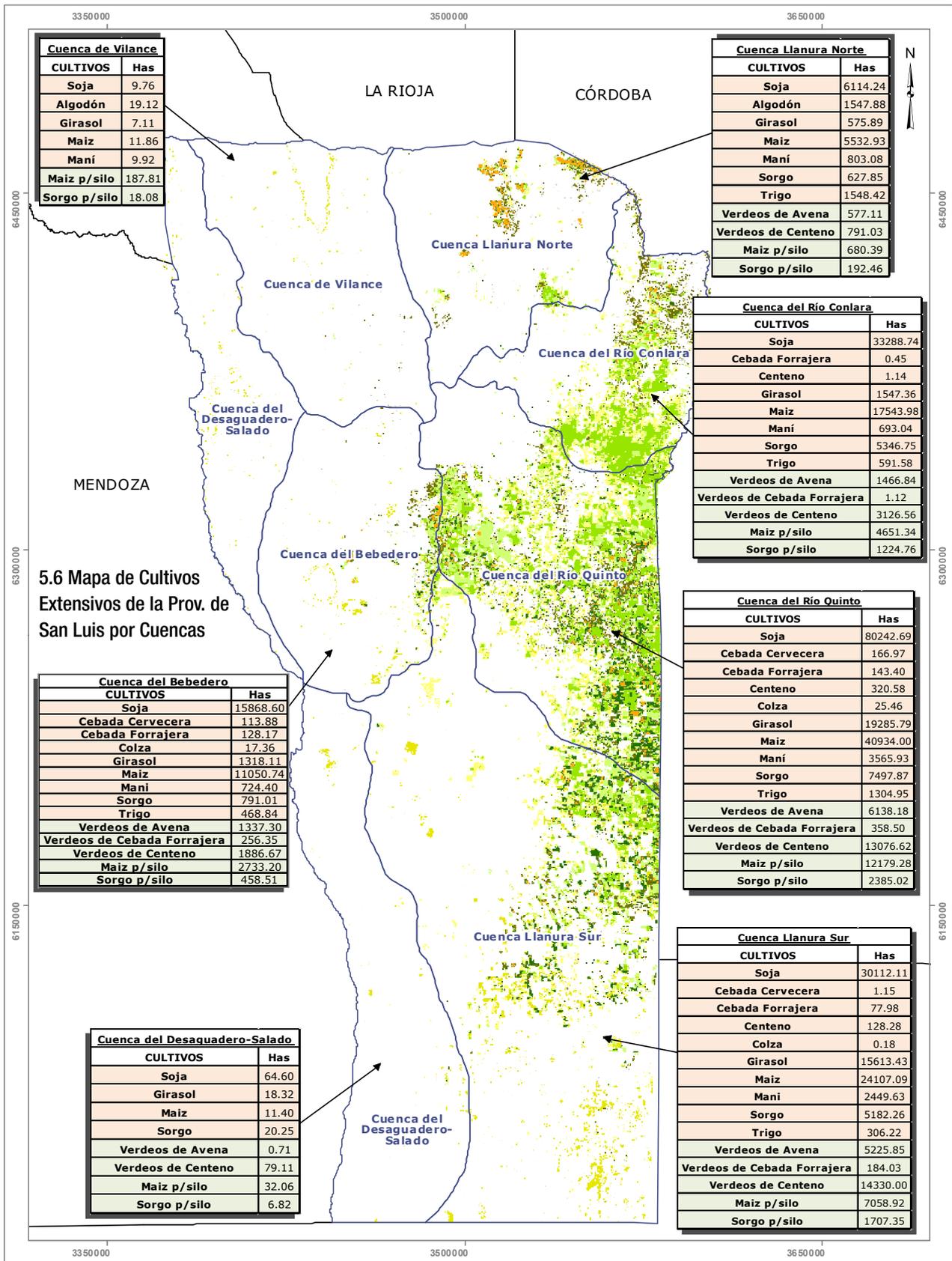
llos que pudieran coincidir con tales características. De este modo fue posible establecer una distribución relativa de cada cultivo dentro de cada departamento y así estimar superficie y producción de cada cultivo dentro de cada subunidad (Figura 5.5).

Luego, se procedió a estimar la distribución de los cultivos a nivel de cuencas, obteniendo la siguiente información (Figura 5.6).

Por último, se debe aclarar que se calculó una superficie cultivada destinada a forrajes no cosechados como granos, a partir de la diferencia entre la superficie implantada y la superficie cosechada que aparece en los registros. Esta diferencia fue lógicamente considerable en cultivos destinados a verdeos como avena, centeno, cebada forrajera o en silos de maíz o sorgo. Para calcular el rendimiento de estos forrajes en términos de materia seca por hectárea, se procedió a aplicar el inverso del índice de cosecha sobre el rendimiento registrado para la cosecha de granos.

Figura 5.5. Mapa de Cultivos Extensivos de la Prov. de San Luis por Departamentos





Cultivos Extensivos por Cuenca
Provincia de San Luis

ESC: 1:2.000.000
0 12.5 25 50 Kilómetros
Sistema de referencia POSGAR 94
Coordenadas Gauss-Krüger Faja 3



Provincia de San Luis

5.1. Cultivos Intensivos

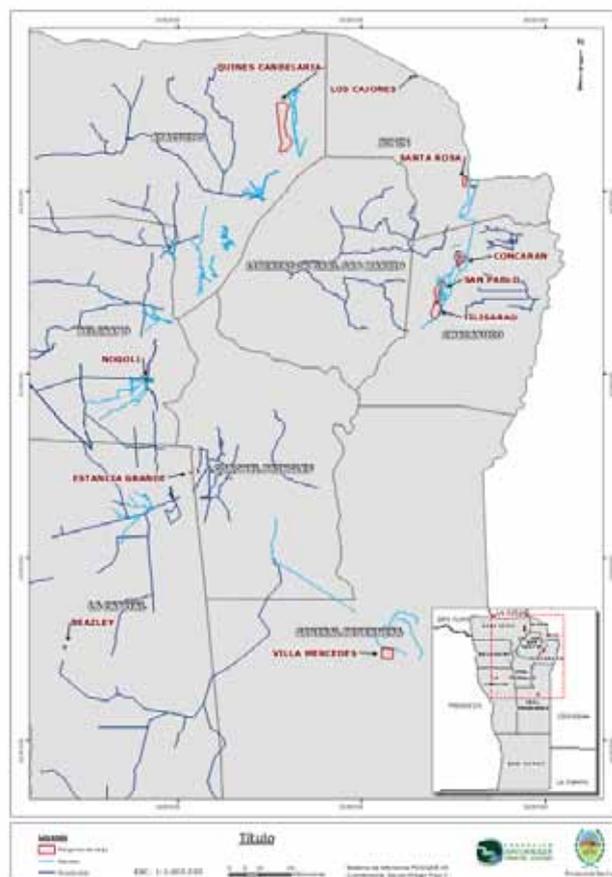
Para el caso de los frutales, su producción se encuentra en un momento de importante crecimiento en distintas zonas de la provincia. En efecto, hay una nueva Ley Frutícola que promueve este tipo de producción teniendo como fuente al Programa de Agroindustria Frutihortícola y Forestal del Ministerio del Campo y a los seis consorcios de riego más importantes de la provincia pertenecientes al eje Quines - Candelaria, el sistema San Felipe y el de Villa Mercedes.

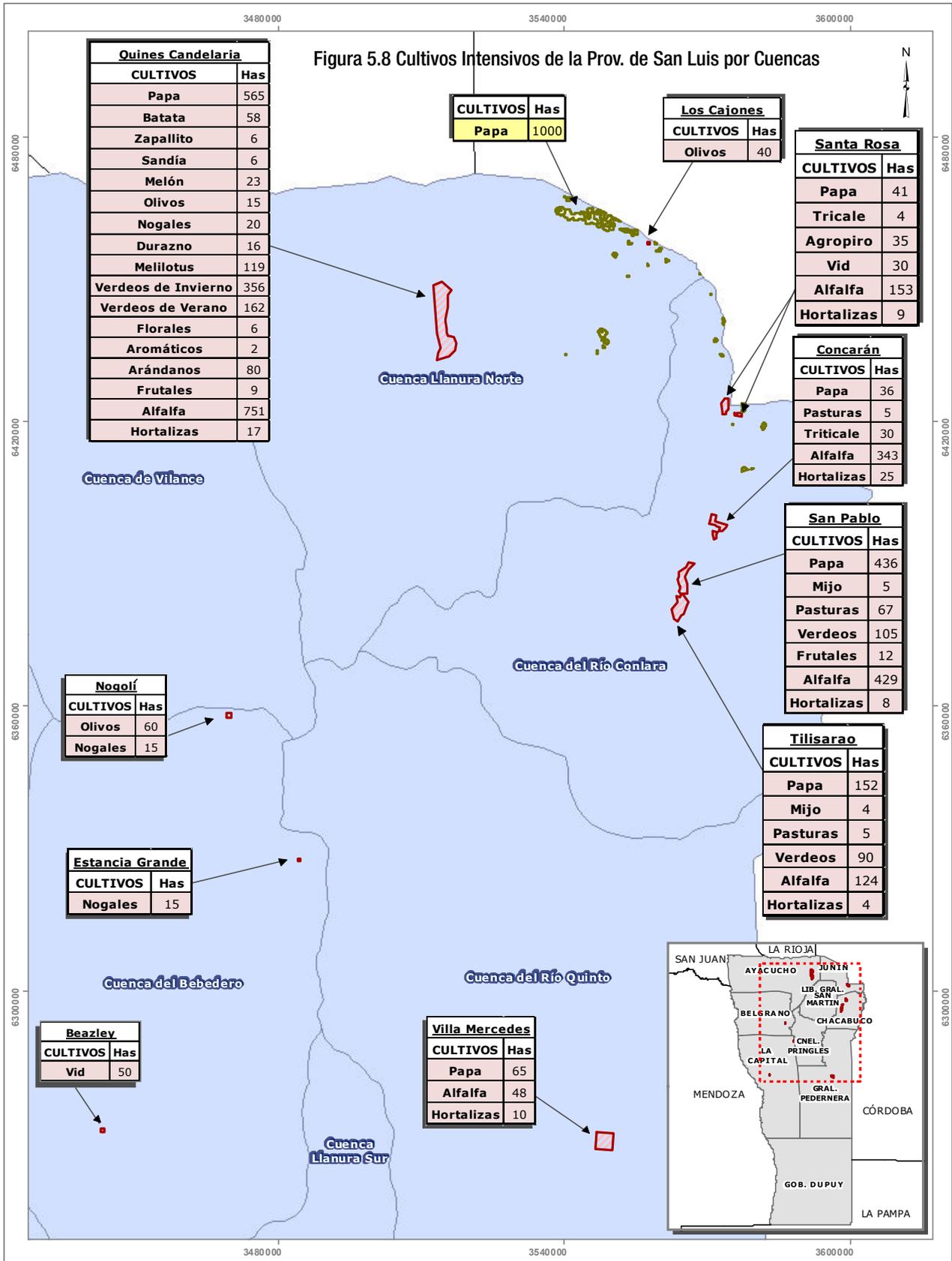
El cultivo de la papa representó un caso aparte en el relevamiento. La última campaña registrada por el Sistema de Información Integrada Agropecuaria del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación para la provincia de San Luis fue la de 1993/94. De acuerdo a Zavalía (1999) la producción de papa continuó creciendo luego de esa campaña. Los datos actuales suministrados por los consorcios de riego lógicamente arrojaron una superficie menor, dado que no está considerada aquella que sea de riego por perforaciones, la cual aproximadamente duplica en superficie a la de los consorcios. Para espacializar esta estimación se recurrió al mismo método con el que se generó la distribución de los cultivos extensivos.

Para el resto de los cultivos de los que no se tiene información sobre rendimientos, se consideraron datos de FAO para Argentina, informes regionales del INTA y datos de provincias vecinas.

Así, sobre la información recopilada y consultada, se procedió a generar un mapa de localización de los cultivos intensivos por departamento (Figura 5.7) y por cuenca (Figura 5.8).

Figura 5.7 Cultivos Intensivos de la Prov. de San Luis por Departamentos





Cultivos Intensivos - Provincia de San Luis

ESC: 1:1.000.000



Sistema de referencia POSGAR 94
Coordenadas Gauss-Krüger Faja 3



5.2 Sector Pecuario

Para el cálculo de la huella hídrica de la producción pecuaria en la provincia de San Luis se partió del stock ganadero provincial registrado anualmente por Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). El mismo se provee en forma agregada por departamento y dividido en las correspondientes categorías de las cinco principales producciones ganaderas: bovinos, caprinos, ovinos, porcinos y equinos. Para establecer los stock de cada categoría se utilizó el promedio de cuatro años (entre 2008 a 2012). Esta información se complementó con la brindada por el análisis de la actividad ganadera bovina por estratos de productores y composición del stock realizado de manera conjunta entre INTA, SENASA, la Red de Información Agropecuaria Nacional (RIAN) y el Observatorio Estratégico, donde se encontró información sobre los stocks en bovinos de tambo y bovinos de engorde a corral o feed lot. A la información sobre bovinos de tambo se le adicionó el registro de un importante tambo medianamente reciente en el departamento de Ayacucho con 1.750 vacas.

No se consideraron bubalinos, ciervos ni camélidos, de importancia muy menor en la producción pecuaria de la provincia. Asimismo, tampoco se contabilizó la producción aviar dado que si bien se cuenta con cierta información sobre la ubicación de los establecimientos, no se pudo contar con datos sobre los índices productivos de los mismos.

Metodología

Siguiendo las definiciones y la metodología citada anteriormente basada en Hoekstra et al. (2009), la huella hídrica en producción animal puede ser considerada como la suma de los distintos componentes:

- La huella hídrica indirecta de los alimentos y
- La huella hídrica directa, vinculada al agua consumida como bebida por el ganado y a las aguas de servicio utilizadas en el ciclo productivo (Chapagain y Hoekstra 2003, 2004).

La huella hídrica de un animal puede, por lo tanto, ser expresada con la ecuación propuesta por Mekkonen y Hoekstra (2010a):

$$WF[a,c,s] = WFalim [a,c,s] + WFbebida [a,c,s] + WFserv[a,c,s]$$

Donde $WFalim[a,c,s]$, $WFbebida[a,c,s]$ y $WFserv[a,c,s]$ representan la huella hídrica de un animal, para un animal categoría a en un lugar c y en un sistema de producción del tipo s en lo que respecta a alimentación, aguas de bebida y agua de servicios consumida⁷.

La huella hídrica del animal, en sus tres componentes, puede ser expresada en términos de $m^3/año/cabeza$ o $m^3/año/ton$. A su vez, en lugar de un cálculo por año, se puede realizar el cálculo al fin del ciclo de vida del animal. Incluso se pueden considerar los cálculos por producto animal, como por ejemplo $m^3/kilo$ de carne, m^3/por litro de leche o $m^3/huevo$. Siendo que en este caso se cuenta con mejor información disponible sobre el número de cabezas que sobre los índices de producción, se realizarán los cálculos según la expresión utilizada en primer término.

Número de Cabezas

Como primer paso se determinó el número de cabezas. Para ello se partió del stock ganadero provincial registrado anualmente por SENASA.

Los pesajes correspondientes a cada categoría también fueron tomados en referencia a los parámetros oficiales, ajustándolos a los valores modales en la provincia (Cuadro 5.2).

Volumen y Composición de la Alimentación

El segundo paso fue el cálculo estimativo de la alimentación, en volumen y composición. En el informe elaborado por Hoekstra y Mekkonen (2010a; 2010b), se muestran resultados de huella hídrica ganadera para distintos países, que se basan en el enfoque utilizado por Hendy et al. (1995); en éste el consumo total de alimento por el animal es calculado en base a la producción anual de cada animal y a la eficiencia de conversión para distintos alimentos, entendiendo a la eficiencia de conversión como cantidad de alimento consumido por cantidad de producto animal generado. Luego, a partir de esos datos de cantidades de alimentos (concentrados, pasturas o distintos tipos de forrajes), se obtienen los valores de huella hídrica de cada uno de estos y se incorporan al primer término de la ecuación. Dado que dicho trabajo tiene un alcance global y su objetivo es comparar los resultados de

7- Con aguas de servicio, se refiere al agua utilizada para la limpieza del establecimiento, aseo de animales y otros servicios necesarios para mantener las condiciones requeridas del sistema productivo

Cuadro 5.2 Stock Ganadero en Cabezas de Ganado y en Peso Vivo Por Categoría y Departamento para cada Tipo de Producción. Provi. de San Luis⁸

Bovinos de carne	Vaca	Vaquillona	Novillo	Novillito	Ternero	Ternera	Toro	Total cabezas	Peso vivo (ton)
Ayacucho	51.990	13.822	5.047	5.465	11.386	11.289	2.992	101.991	33.534
Belgrano	48.287	10.619	2.493	2.858	11.123	11.035	2.847	89.262	29.396
Chacabuco	49.143	9.967	5.554	3.751	11.093	10.830	2.401	92.739	30.605
Pringles	53.787	16.251	11.405	11.848	9.348	10.737	2.988	116.366	38.532
Pedernera	158.582	57.118	53.667	28.602	42.505	40.761	10.530	391.765	126.382
Dupuy	212.238	64.756	50.840	45.477	48.422	50.657	11.696	484.086	157.373
Junín	19.947	5.225	1.563	186	4.002	4.782	1.006	36.711	12.073
La Capital	79.806	18.857	9.470	12.307	14.979	15.341	4.832	155.592	52.000
San Martín	33.629	8.834	1.568	2.363	6.983	7.331	1.960	62.668	20.670
TOTAL	707.409	205.449	141.607	112.857	159.841	162.763	41.252	1.531.180	500.565

Bovinos FEEDLOT	Vaca	Vaquillona	Novillo	Novillito	Ternero	Ternera	Toro	Total cabezas	Peso vivo (ton)
Ayacucho	0	509	14	160	142	51	0	876	228
Belgrano	0	0	0	31	0	0	0	31	9
Chacabuco	71	846	838	718	643	605	2	3.723	1.062
Pringles	1.296	4.541	2.020	5.918	1.743	1.692	117	17.327	5.065
Pedernera	1.180	5.005	12.980	10.683	2.678	763	36	33.325	10.353
Dupuy	249	213	10	179	433	417	4	1.505	425
Junín	475	1.050	1.168	2.120	1.009	370	94	6.286	1.898
La Capital	-	-	-	-	-	-	-	-	-
San Martín	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	3.271	12.164	17.030	19.809	6.648	3.898	253	63.073	19.041

Bovinos de tambo	Vaca	Vaquillona	Novillo	Novillito	Ternero	Ternera	Toro	Total cabezas	Peso vivo (ton)
Ayacucho	1.750								963
Belgrano	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chacabuco	637	676	0	91	137	219	14	1.774	657
Pringles	203	55	10	35	7	33	3	346	153
Pedernera	742	225	51	50	199	226	20	1.513	599
Dupuy	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Junín	-	-	-	-	-	-	-	-	-
La Capital	537	281	0	0	0	90	0	908	396
San Martín									0
TOTAL	2.119	1.237	61	176	343	568	37	4.541	2.768

⁸ Elaboración propia en base a información oficial relevada.

Porcinos	Padrillo	Cerda	Lechón	Capón	Cachorro	Total cabezas	Peso vivo (ton)
Ayacucho	264	699	193	32	21	1.208	153
Belgrano	113	787	481	84	41	1.506	161
Chacabuco	274	2.015	1.746	845	699	5.579	503
Pringles	347	6.078	18.954	8.724	777	34.942	2.233
Pedernera	841	5.524	9.656	7.203	2.205	25.430	1.968
Dupuy	109	474	189	45	125	942	103
Junín	201	669	205	75	74	1.222	148
La Capital	257	1.519	1.698	832	732	5.038	417
San Martín	217	597	106	28	5	955	129
TOTAL	2.621	18.362	33.226	17.867	4.679	76.821	5.815

Ovinos	Carnero	Oveja	Borrego	Capón	Cordero/as	Total cabezas	Peso vivo (ton)
Ayacucho	125	1.178	17	0	2	1.320	55
Belgrano	87	1.932	48	15	118	2.199	88
Chacabuco	482	4.644	467	228	301	6.123	251
Pringles	2.367	11.538	753	282	693	15.632	649
Pedernera	1.029	10.635	662	142	3.048	15.515	588
Dupuy	627	8.817	325	171	1.361	11.301	442
Junín	217	2.379	100	24	82	2.800	115
La Capital	234	4.023	2.176	104	1.216	7.753	304
San Martín	541	8.714	369	144	356	10.123	412
TOTAL	5.707	53.859	4.916	1.109	7.176	72.766	2.905

Caprinos	Chivo	Cabra	Cabruto	Capón	Cabrilla /Chivito	Total cabezas	Peso vivo (ton)
Ayacucho	1.714	19.571	4.429	20	0	25.735	538
Belgrano	3.911	12.922	328	4	43	17.208	443
Chacabuco	777	2.718	810	408	364	5.076	115
Pringles	2.473	3.897	881	123	280	7.654	197
Pedernera	196	1.087	272	25	29	1.609	35
Dupuy	185	1.239	56	13	15	1.508	36
Junín	690	4.996	272	109	55	6.121	144
La Capital	1.641	7.213	829	5	7	9.694	231
San Martín	1.176	8.865	494	212	155	10.902	256
TOTAL	12.762	62.508	8.372	920	946	85.508	1.996

Equinos	Padrillo	Caballo	Yegua	Potrillo/a	Mula	Burro	Asno	Total cabezas	Peso vivo (ton)
Ayacucho	18	2.272	2.204	29	261	372	13	5.168	1.989
Belgrano	48	2.094	967	251	202	224	0	3.785	1.450
Chacabuco	22	1.824	1.769	133	45	59	2	3.854	1.524
Pringles	118	4.116	3.022	381	382	94	2	8.115	3.156
Pedernera	76	4.761	5.393	467	25	116	40	10.879	4.316
Dupuy	93	3.556	3.612	138	34	145	11	7.589	3.017
Junín	37	1.525	1.518	144	61	50	64	3.398	1.334
La Capital	116	4.045	1.672	361	471	143	23	6.829	2.623
San Martín	19	2.618	2.622	44	170	96	3	5.571	2.191
TOTAL	546	26.811	22.778	1.946	1.650	1.297	158	55.185	21.600

huella hídrica para distintos países, resultaría alejado de la problemática local trabajar con índices de conversión generales y con modelos de alimentación que no se corresponden con la realidad de la provincia de San Luis. Es por ello que, entendiendo que los resultados obtenidos en este trabajo reflejan de manera más fidedigna la situación ganadera con respecto al consumo de agua, que utilizar datos de un nivel de escala más alejado, se aprovechó al máximo las posibilidades de obtener fuentes de información a escala provincial y/o departamental. Debido a ello es que los resultados obtenidos resultan difíciles de comparar con los datos globales presentados por el trabajo de Mekkonen y Hoekstra (2010a; 2010b).

Para establecer la cantidad de alimento consumida se desarrolló un esquema de alimentación ganadera para cada tipo de producción en cada departamento. Para ello se utilizaron como base los trabajos de Frasinelli et al. (2003) y Veneciano (1998), donde se establecen cuatro regiones ganaderas con posibles modelos forrajeros utilizados en cada una.

La Región I, comprendida por los departamentos de Chacabuco, Pringles y Pedernera, es la de mayor productividad y de mayor proporción del rodeo provincial. Allí predominan los sistemas de cría e internada en base a pastizal natural o mejorado, pasturas de pasto llorón y verdeos de invierno.

La Región II, comprendida por Gobernador Dupuy y La Capital, con menor dedicación a la internada que la Región I, pero también de buenos índices de productividad; predominan

los sistemas de pastizal natural y los de pastizal natural con pasturas implantadas de pasto llorón y verdeos de invierno.

La Región III, comprendida por Ayacucho, Belgrano y Junín, y la Región IV correspondiente al Departamento San Martín, son las de menor productividad y si bien sus sistemas son predominantemente de pastizal natural, hay algunas pasturas implantadas así como verdeos de invierno.

Esta zonificación fue útil a la hora de hacer corresponder el mapa de vegetación (Figura 5.3), de tal manera que fue posible establecer una proporción en términos de superficie de cada uno de los recursos pastoriles (Caldenal, Monte, Monte Chaco o Pasturas) dentro de cada departamento.

El cuadro 5.3 muestra la proporción de superficie de cada recurso pastoril asignada a cada departamento. Como se observa, es clara la correspondencia de la proporción de recursos con la regionalización propuesta.

Cuadro 5.3 Superficie por Recurso Pastoril

Departamento	Región	Pasturas o pastizales mejorados	Monte	Caldén	Monte chaco
Ayacucho	III	13,81%	40,72%	-	45,47%
Belgrano	III	9,18%	19,16%	-	71,66%
Chacabuco	I	42,50%	-	-	57,50%
Pringles	I	49,74%	-	4,37%	45,89%
Pedernera	I	86,74%	-	10,73%	2,53%
Dupuy	II	73,92%	-	24,86%	1,21%
Junín	III	28,95%	-	-	71,05%
La Capital	II	36,35%	1,61%	0,09%	61,96%
San Martín	IV	42,43%	-	-	57,57%

Esta proporción se aplicó a una superficie ganadera obtenida a partir del Censo Nacional Agropecuario del año 2002.

Para establecer cifras de productividad de estos recursos forrajeros se recurrió al sistema nacional de diagnóstico, planificación, seguimiento y prospección forrajera en sistemas ganaderos recientemente elaborado por AACREA, la Facultad de Agronomía de la UBA, el INTA y el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación por encargo del Instituto de Promoción de la Carne Vacuna Argentina (IPCVA). De los distintos tipos de estimación realizadas por este trabajo, se tomó la Productividad Primaria Neta (PPN) en Kg/ha calculada en base a 18 cortes de vegetación natural y 13 de pasturas implantadas, extrapoladas a las correspondientes unidades de vegetación.

Cuadro 5.4 Productividad Primaria Neta (PPN)

Departamento	PPN en Pasturas Cultivadas (kg/ha)	PPN en Pastizal o Vegetación Natural (kg/ha)
Ayacucho	2000-3000	1000-2000
Belgrano	2000-3000	1000-2000
Chacabuco	7000-8000	0-1000
Pringles	2000-3000	1000-2000
Pedernera	2000-3000	3000-4000
Dupuy	2000-3000	3000-4000
Junín	7000-8000	0-1000
La Capital	2000-3000	0-1000
San Martín	2000-3000	0-1000

Teniendo los datos de oferta forrajera para cada tipo de recurso y en cada departamento, es importante aclarar que en el cálculo de la huella hídrica no se considerará toda la huella que arrastra el pastizal o las pasturas, sino únicamente la correspondiente a la fracción cosechada por el animal. Siendo los pastizales naturales ecosistemas relativamente disturbados se debería dar cuenta únicamente de la presión que se ejerce sobre el recurso. Considerar la evapotranspiración total del pastizal, por el contrario, arrojaría una huella verde de un ecosistema que es parcialmente modificado. Por lo tanto, lo que se debe considerar en el cálculo es la proporción que consume el animal (relación producción de biomasa/pasto consumido por el animal).

Para el cálculo de la proporción consumida por el animal se establecieron los requerimientos nutricionales para cada una de las categorías -siempre para el lapso de un año- en base a las tablas publicadas por el Committee on Animal Nutrition, del National Research Council (NRC). Para algunos casos se tuvieron en cuenta modificaciones y adaptaciones regionales hechas en base a las mismas tablas y a las realidades productivas de cada departamento de la provincia de San Luis. Así fue posible estimar no solamente la cantidad de alimento consumido por los animales, sino la proporción consumida de la totalidad producida.

En el caso de los bovinos de carne de tipo extensivos, se consideró -además de la mencionada distribución de los recursos forrajeros pastoriles- la adición de las superficies pastoreadas calculadas en el apartado de cultivos intensivos, tales como verdes de invierno, ensilados y alfalfas (muy significativas estas últimas en la huella azul de los consorcios de riego).

Para el caso de los bovinos de tambo se consideró un 25% de la dieta suplementada con grano de maíz, a excepción del tambo del departamento Ayacucho, el cual por su escala se consideró una dieta con 85% de maíz. El resto, se dividió entre pasturas y pastizales de acuerdo a la categoría.

Para los bovinos de feed lot se consideró una dieta general (sin distinción por categoría) de 50% de maíz, 30% de sorgo, 10% de girasol y 10% de heno.

Para el ganado ovino y caprino, se consideró la distribución de oferta del recurso pastoril ya mencionada, en tanto que para los equinos, que su base forrajera era 100% de pasturas implantadas.

En todos los casos se consideró que los animales de cada departamento se alimentan de los recursos forrajeros propios del departamento, sin considerar entradas ni salidas interdepartamentales. A su vez, la estimación toma como supuesto que la oferta del recurso pastoril presentada anteriormente es homogénea en el departamento. Si bien podrían considerarse diferentes índices de productividad dentro de cada departamento, tal nivel de complejidad en el cálculo no sería aprovechado al máximo, ya que no se dispone de datos sobre la distribución del ganado dentro del departamento. Por el contrario, las estadísticas brindan el número de cabezas presentes en cada departamento, sin mayor desagregación.

Luego de haber obtenido el volumen y la composición

del alimento para cada categoría ganadera, se procedió al igual que en los cultivos a calcular la huella hídrica de cada uno de ellos. Para el caso de los granos, los verdes, los silos de sorgo y maíz y las alfalfas, se consideró el cálculo hecho en la primera etapa (escenario 1). Para el caso del recurso forrajero pastoril, provenientes de pastizales en los mencionados tipos de vegetación (Caldenal, Monte, Monte chaqueño, pastizal) y las pasturas o pastizales mejorados, se generaron nuevos archivos que fueron corridos en CROPWAT, según se explicó en el apartado anterior.

6. Resultados de la fase II:

Cuantificación de la Huella Hídrica Provincial del Sector Agropecuario

Para cada uno de los sectores (agrícola extensivo e intensivo y pecuario), se calcularon las Huellas Hídricas Verde, Azul y Gris, siguiendo la metodología estándar propuesta por la WFN, construida y particularizada para cada uno de los sectores y de los procesos agropecuarios contemplados en la provincia, como se comentara en los apartados anteriores.

Se generaron resultados básicos de dos tipos: huella hídrica por unidad de producto y huella hídrica total por unidad de tiempo y región (departamento y cuenca hidrológica).

Del análisis de los resultados surgen los mapas y gráficos de huella hídrica anuales y mensuales por cuenca, por departamento y por producto, relacionada con los cultivos extensivos e intensivos, así como también los correspondientes a la huella hídrica anual de la actividad pecuaria por tipo de animal y por cabeza de ganado. Asimismo se presenta el análisis de huella hídrica total, considerando todos los sectores y la contribución de cada uno.

Escenario 1 vs Escenario 2

Como se comentara anteriormente, siguiendo con la metodología propuesta por la WFN, en el escenario 1 se calculó la huella hídrica azul, llamada “teórica”, esto

es que se considera para toda la provincia que se riega antes que el cultivo alcance el stress hídrico. Esta situación permitió establecer una línea de base homogénea para toda la provincia, y es sobre este escenario que se consolidó y se puso a punto el modelo para, a partir de esos resultados, definir el segundo escenario.

Este segundo escenario se diferencia del anterior porque distingue áreas de secano de las que se encuentran bajo de riego. Asimismo, en lo que a riego se refiere, se lo programa en función de las diferentes etapas del cultivo, por lo que se optimiza la irrigación, reduciendo el consumo de agua (huella hídrica azul), sin comprometer el rendimiento.

Así es que al comparar resultados, la huella hídrica total azul para los cultivos extensivos bajo las condiciones establecidas en el escenario 1 arrojó un valor de 1.187,62 millones de m³ y con el escenario 2 se obtiene 799,32.

Cuadro 6.1 Caracterización de Resultados de la Cuantificación de Huella Hídrica

Huella Hídrica	Sector Agrícola (extensivo e intensivo)	Sector pecuario
Por unidad productiva	millones m ³ /Ton	millones m ³ /Ton
Total por unidad de tiempo y región (departamento y cuenca hidrológica)	millones m ³ /año y millones m ³ /mes	millones m ³ /año
Total	millones m ³ /	

7. Cultivos extensivos

Huella Hídrica Total Provincial – Cultivos Extensivos

La huella hídrica total de los cultivos extensivos para la Prov. de San Luis es de:

- 1.493,96 millones de m³/año para la verde

- 729,33 millones de m³/año para la azul

- 111,16 millones de m³/año para la gris.

A continuación se presentan graficados los valores obtenidos de la huella hídrica anual -verde, azul y gris- para cada cultivo extensivo en toda la provincia. La Figura 7.1 de barras permite ver ordenadamente, de mayor a menor, el consumo hídrico de cada uno de los cultivos en todo el territorio provincial. Como se observa, la soja, el maíz, el girasol y el sorgo, son los cultivos que mayor consumo están representando. La incidencia de cada uno se observa en las Figuras circulares (Figura 7.2), que indican qué proporción representa cada cultivo en el total de cada huella. Es importante aclarar que el hecho que sean estos los cultivos con mayor incidencia en la huella provincial, no se debe a que sean menos eficientes en el uso del agua, sino a que son los cultivos que mayor extensión ocupan. Para poner en consideración este último factor la Figura 7.3 presenta los valores de huella hídrica por unidad de producto, es decir los valores de huella hídrica para cada cultivo en relación al rendimiento de cada uno. Si se observan los cuatro cultivos mencionados anteriormente como los de mayor consumo hídrico, se puede apreciar que el girasol y la soja tienen un consumo hídrico por tonelada producida, mucho mayor que los del sorgo y el maíz. Esto se condice con las propiedades fisiológicas que tienen estos cultivos por su condición de ser plantas C4, más eficientes en el uso del agua que las plantas C3.

De la Figura 7.3 también se desprende que en la provincia se están sembrando otros cultivos, que si bien se encuentran en menores proporciones que los señalados anteriormente, son poco eficientes en relación al consumo hídrico/productividad. Tal es el caso del maní, la colza y algunos cereales de invierno como el centeno, la cebada o el trigo. Si bien esto puede marcar un camino a la hora de una planificación, orientando la producción hacia cultivos más eficientes desde el punto de vista del aprovechamiento del agua, esto no implica que tenga que ser el único criterio. Por otra parte tampoco se debe tomar este dato de manera estricta a la hora de comparar los cultivos ya que el indicador está

tan determinado por su consumo hídrico como por la productividad del cultivo. En ese sentido, los cultivos de invierno, por ejemplo, siempre tendrán menor productividad que los de verano y en los meses que ocupa el cultivo no podrían reemplazarse por cualquier otro.

No se debe dejar de mencionar que la Figura 7.3 aporta otro dato en lo que refiere a la variabilidad y la distribución del desempeño de los cultivos. Sobre las barras se aprecia el desvío estándar para cada cultivo. De igual modo que en el párrafo anterior esta variabilidad no está dada solo por la diferencia en el consumo de agua sino también en los distintos rendimientos que tiene cada cultivo en cada sitio de la provincia. Una desvío estándar tan alto como el que se muestra en el maní se debe más a las diferencias en rendimientos que a las diferencias en su comportamiento con respecto a las huellas azul y verde. **Cultivos como el girasol, en cambio, demuestran un rendimiento más uniforme, por lo que la variabilidad se explica por sus diferencias en las huellas de cada sitio.**

Se debe tener en cuenta que parte de los cultivos que figuran aquí (específicamente los verdes invernales como la avena, la cebada forrajera y el centeno, los silos de sorgo y maíz y algunos granos utilizados sobre todo en engorde a corral, tambo o en producción porcina), son considerados también en el apartado de la actividad pecuaria, ya que en ellos recae parte de la huella hídrica del alimento consumido por la actividad ganadera. Es por ello que a la hora de sumar ambos valores, se deben excluir para no sobreestimar el cálculo.

Figura 7.1: Cultivos Extensivos

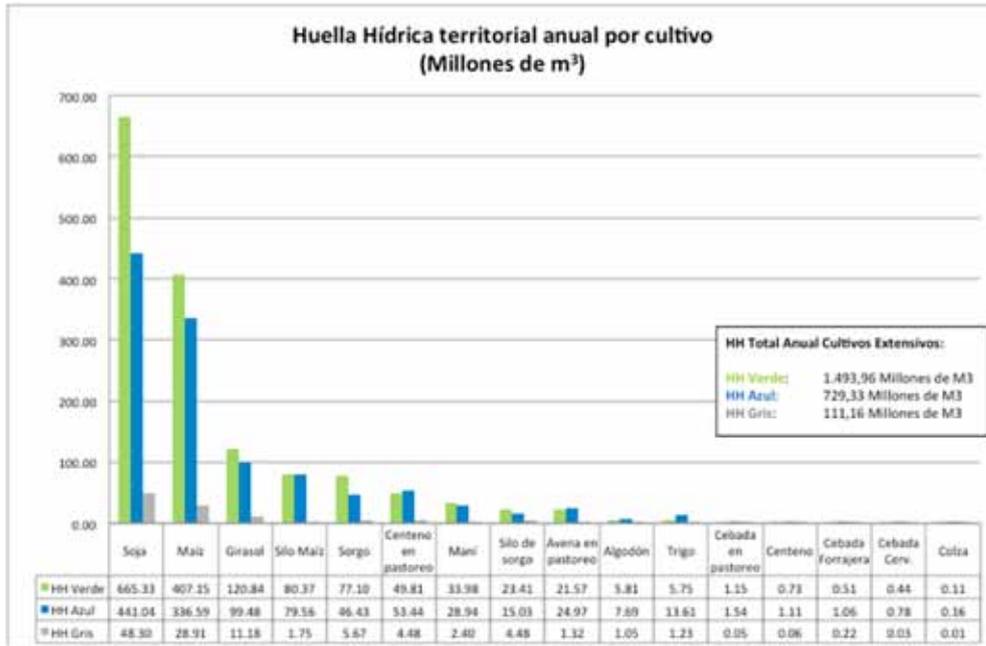


Figura 7.2 Distribución por Cultivos Extensivos

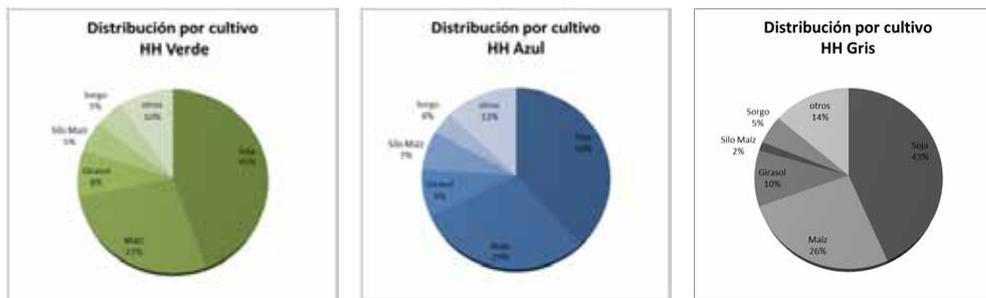
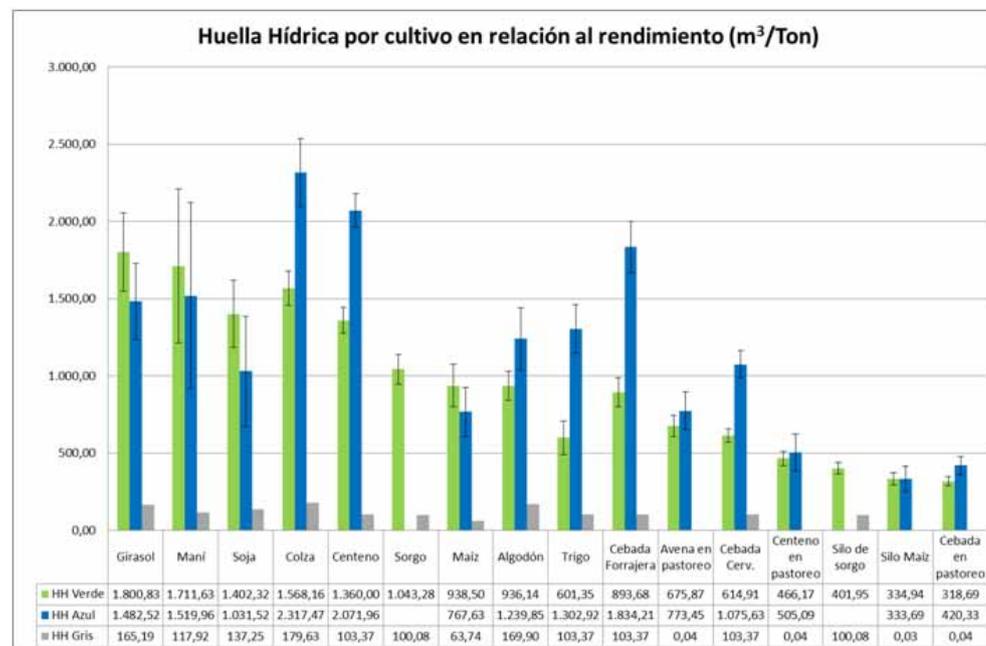


Figura 7.3: Cultivos Extensivos



Huella Hídrica por Cuencas Hídricas - Cultivos Extensivos

Se analizan en este punto las huellas hídricas anual y mensual de los cultivos extensivos a nivel de cuencas hídricas.

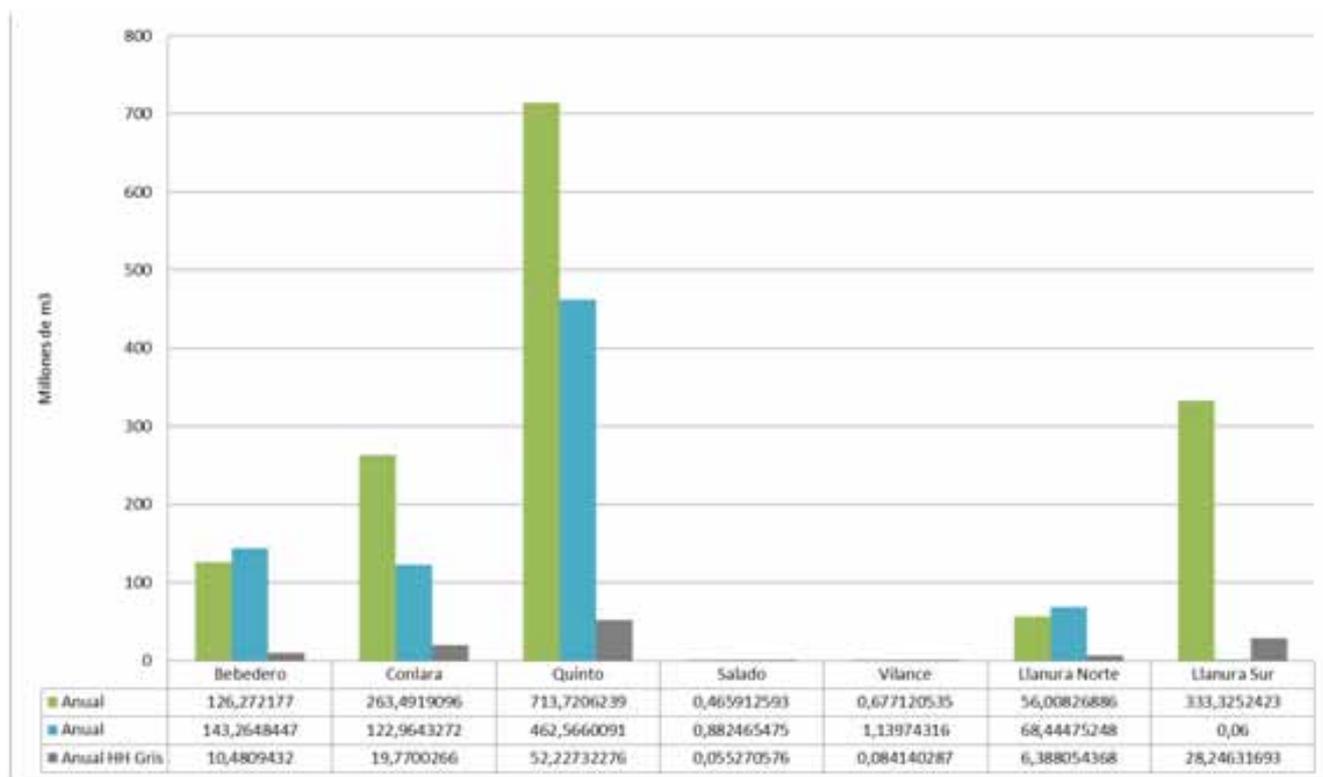
El análisis de huella hídrica por cuenca es sustancial para llevar adelante un análisis de sustentabilidad del recurso hídrico.

A continuación se presenta la Figura 7.4 con las Huellas Verde, Azul y Gris anuales para cada cuenca y los tres mapas correspondientes (Figura 7.5)

Se observa que la Cuenca del Río Quinto presenta una diferencia importante respecto de las otras, dado que

es la de mayor huella hídrica azul y verde. Por otro lado, las cuencas del Salado y la de Vilance, casi no ofrecen valores porque no son zonas que se destinen a producción agrícola. También se desprende del Gráfico que las cuencas del Bebedero y la del Río Conlara sostienen su producción agrícola con la huella azul en mayor medida que la verde. Para el caso de Llanura Sur, por el contrario, sólo utiliza agua verde por la inexistencia de zonas de riego.

Figura 7.4 Huella Hídrica Anual – Verde, Azul y Gris – por Cuencas (Millones de m³)



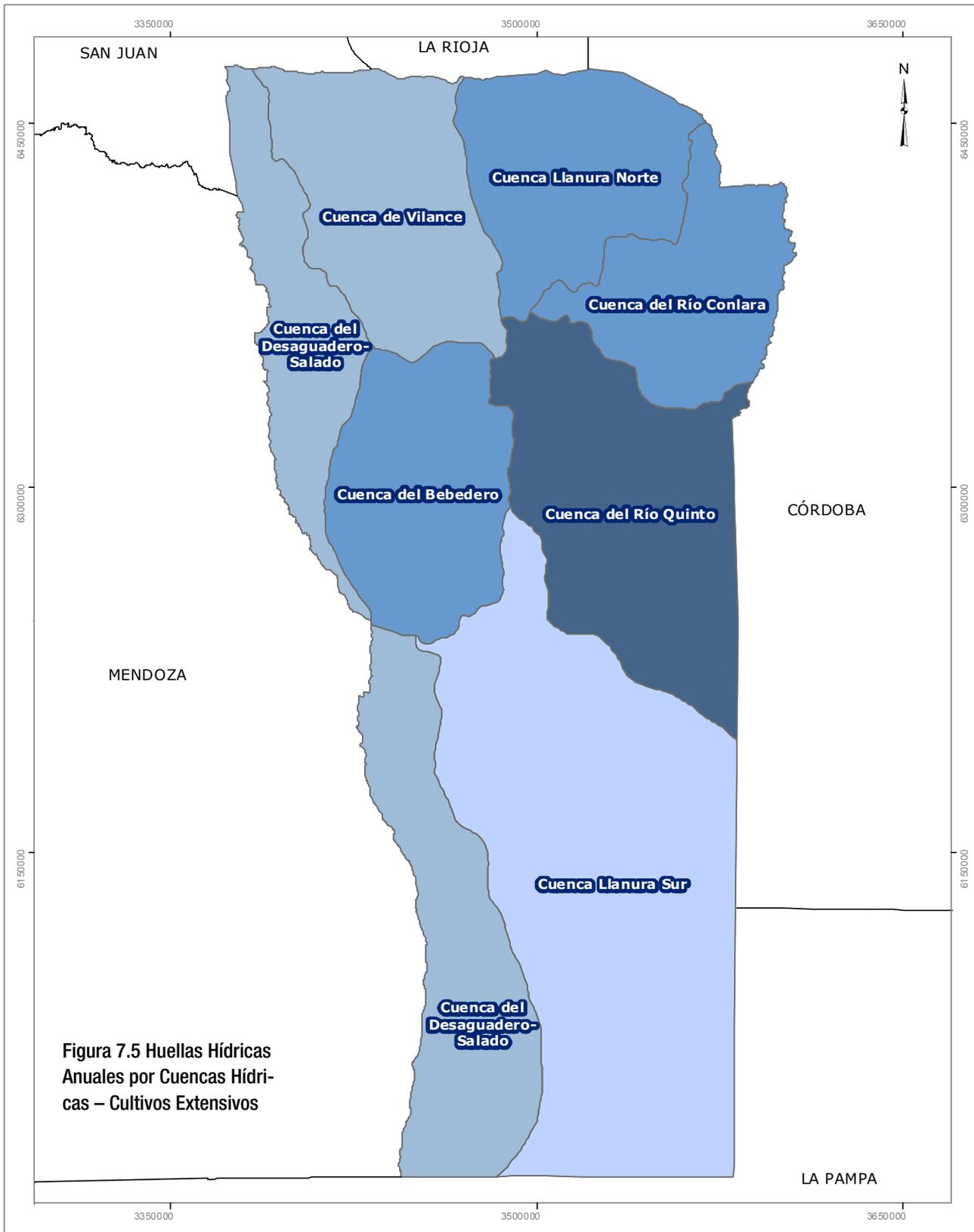


Figura 7.5 Huellas Hídricas Anuales por Cuencas Hídricas – Cultivos Extensivos

Millones m³/año

- 0 - 0,9
- 1 - 1,9
- 2 - 143
- 144 - 463

Cultivos Extensivos

Huella Hídrica Azul - Anual

ESC: 1:2.000.000

0 12.5 25 50 Kilómetros

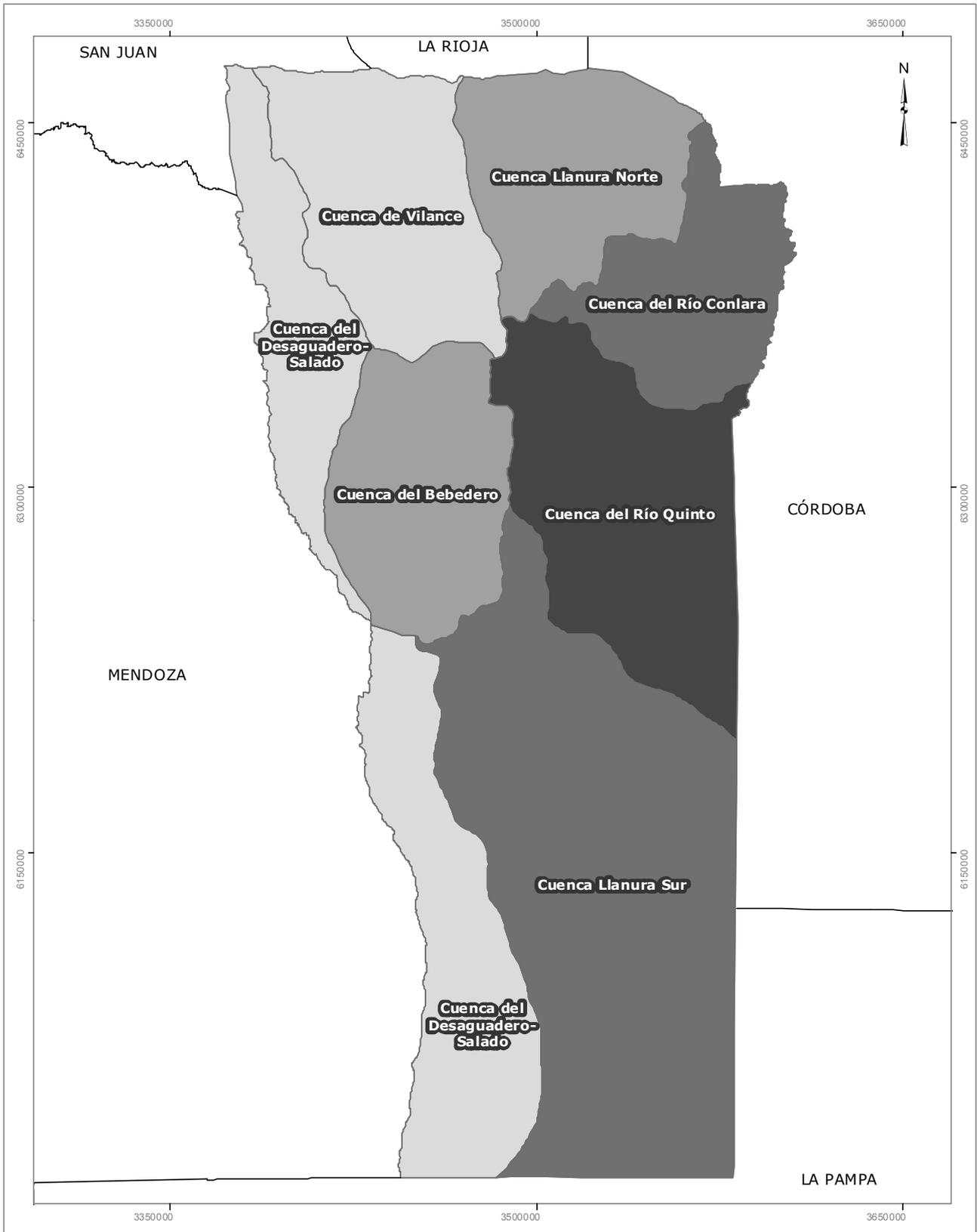
Sistema de referencia POSGAR 94
Coordenadas Gauss-Krüger Faja 3



FUNDACIÓN
NATURALEZA
PARA EL FUTURO



Provincia de San Luis



Millones m³/año

- 0 - 0,9
- 1 - 10
- 11 - 28
- 29 - 52

Cultivos Extensivos

Huella Hídrica Gris - Anual

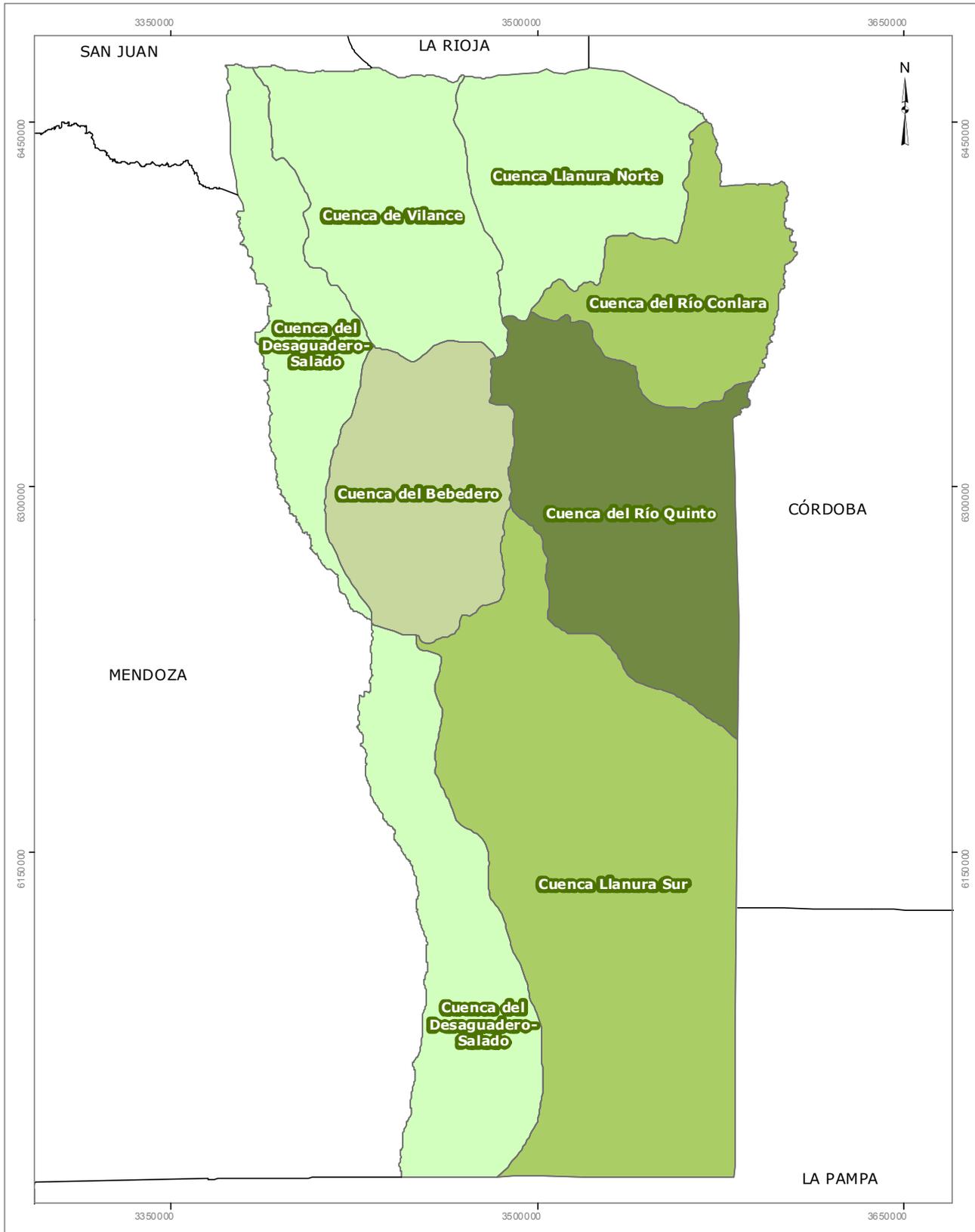
ESC: 1:2.000.000



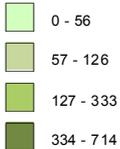
Sistema de referencia POSGAR 94
Coordenadas Gauss-Krüger Faja 3



Provincia de San Luis



Millones m³/año



Cultivos Extensivos

Huella Hídrica Verde - Anual

ESC: 1:2.000.000



Sistema de referencia POSGAR 94
Coordenadas Gauss-Krüger Faja 3

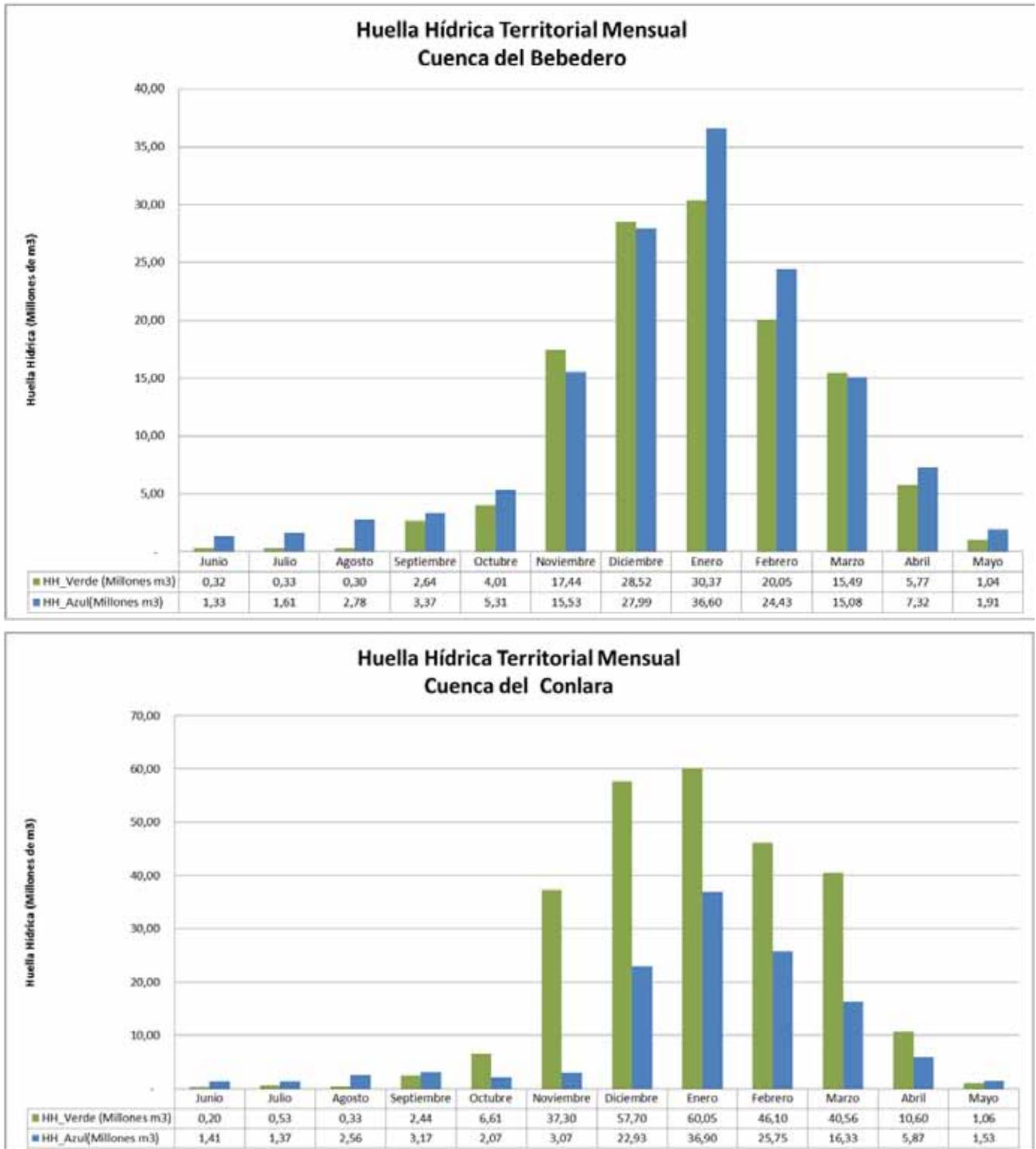


Provincia de San Luis

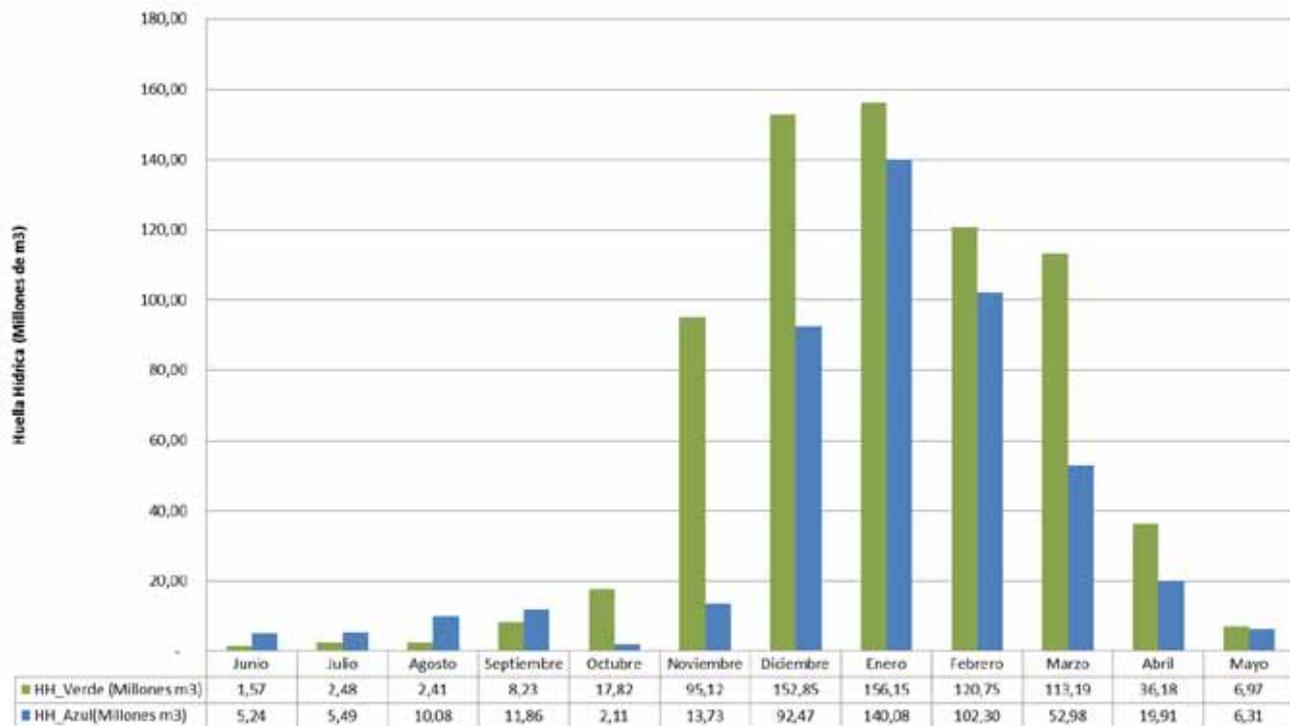
A continuación se presentan los gráficos (Figura 7.6) que analizan las huellas hídricas mensuales verde y azul para cada una de las siete cuencas y otros dos gráficos que presentan la combinación de todos los resultados.

Las tendencias generales que se observan a lo largo del año para cada cuenca, son las esperadas de acuerdo a la demanda hídrica de los cultivos, con pico en los meses de verano y con bajas en los meses de invierno.

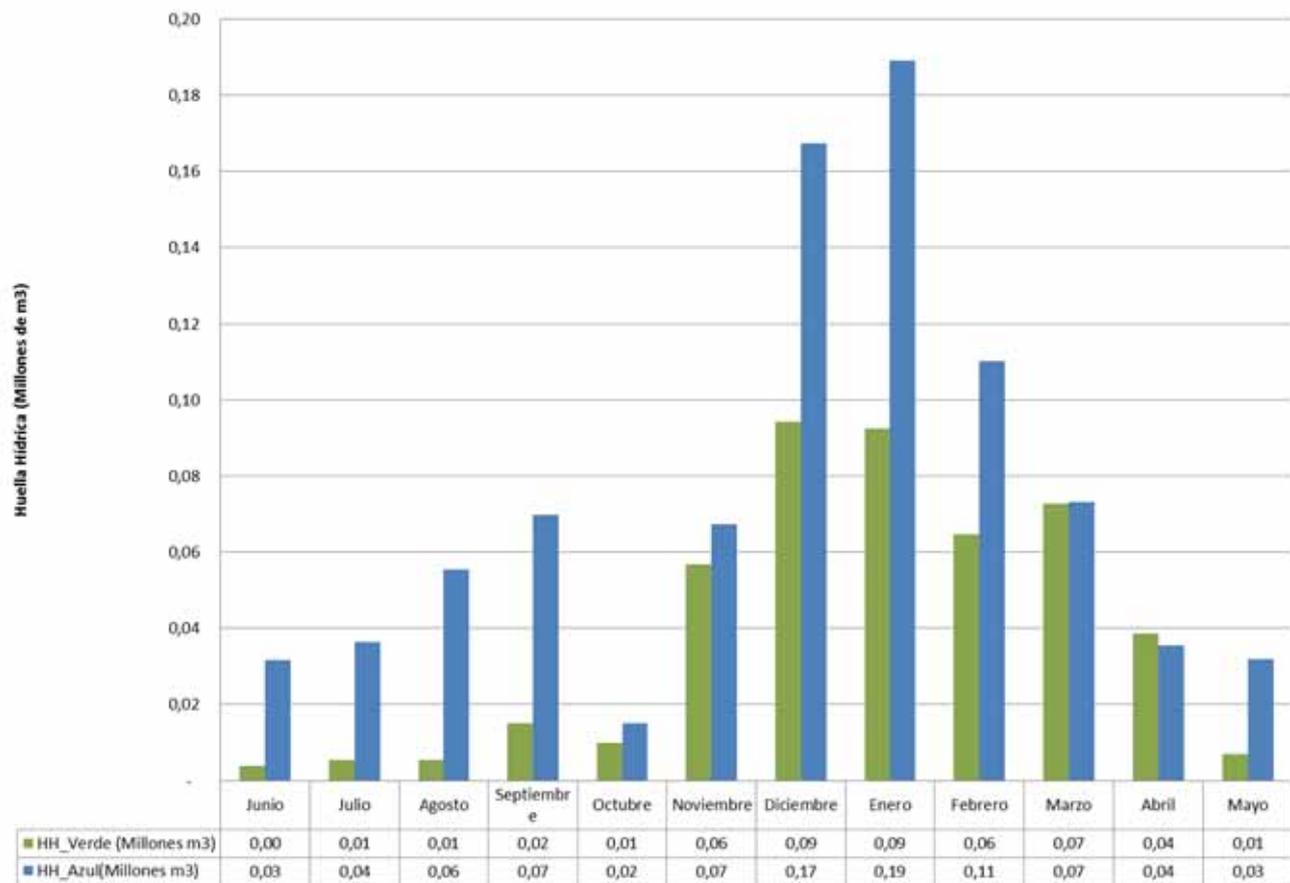
Figura 7.6



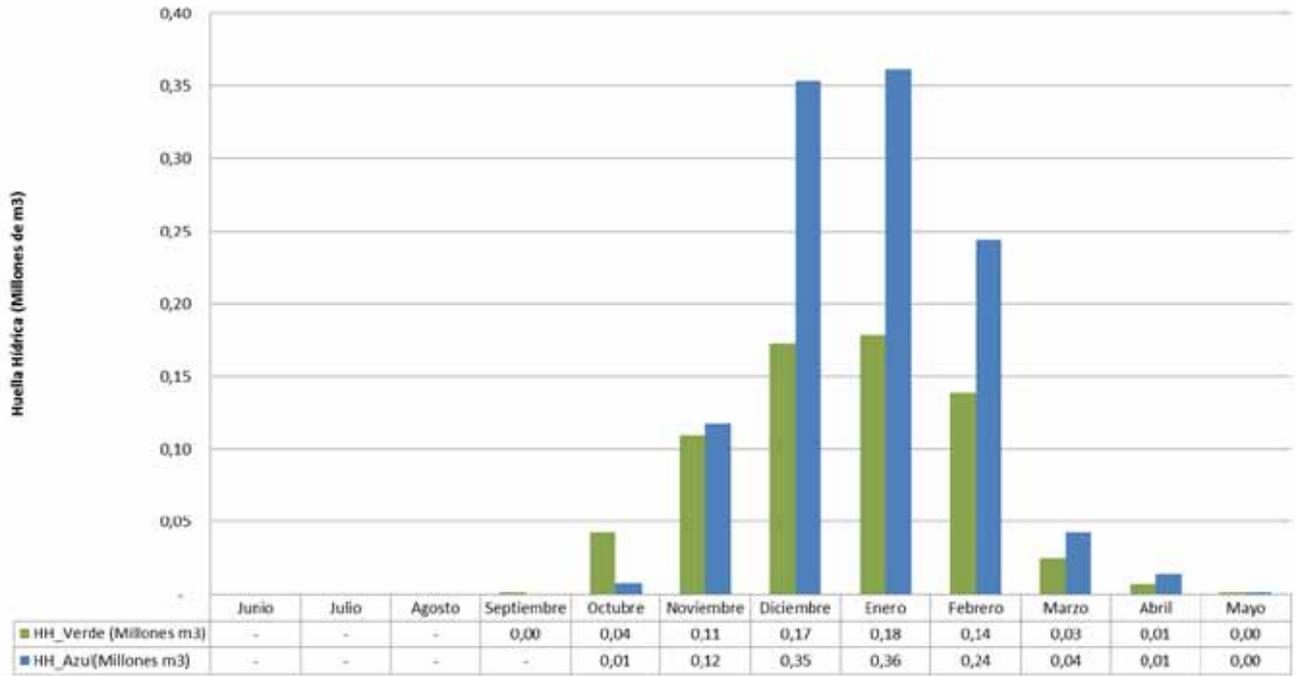
Huella Hídrica Territorial Mensual Cuenca del Río Quinto



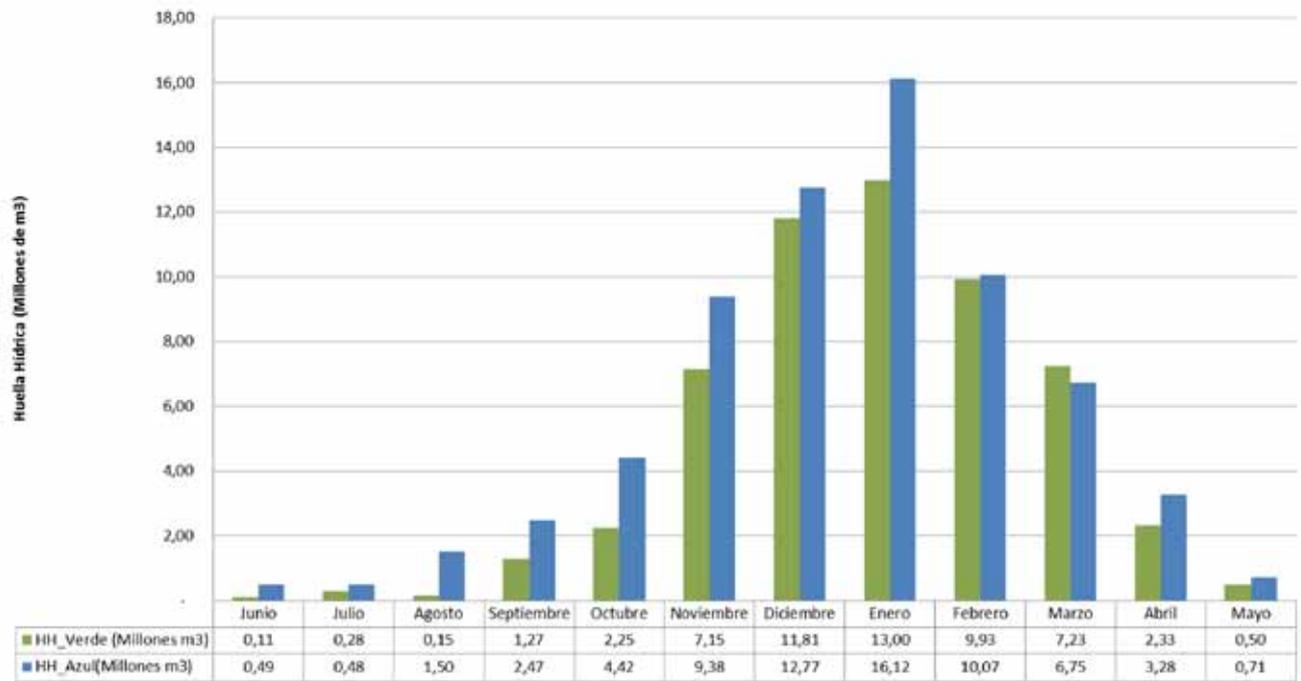
Huella Hídrica Territorial Mensual Cuenca del Salado



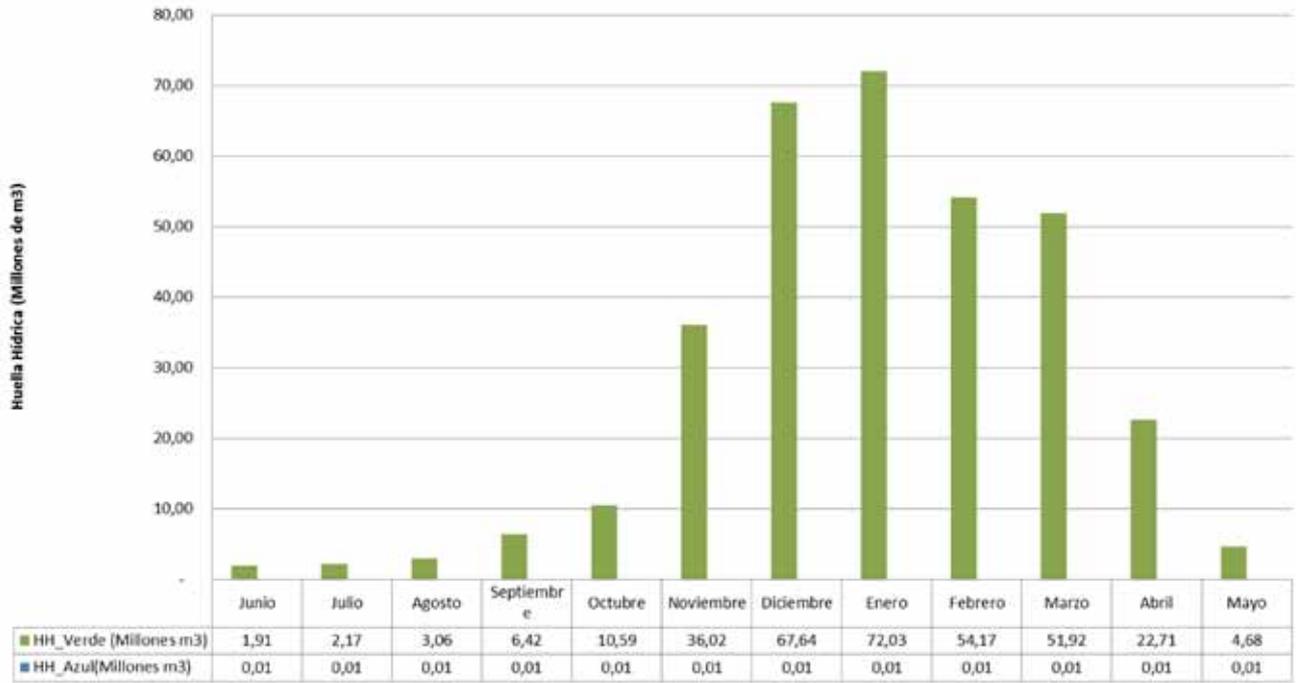
Huella Hídrica Territorial Mensual Cuenca del Vilance



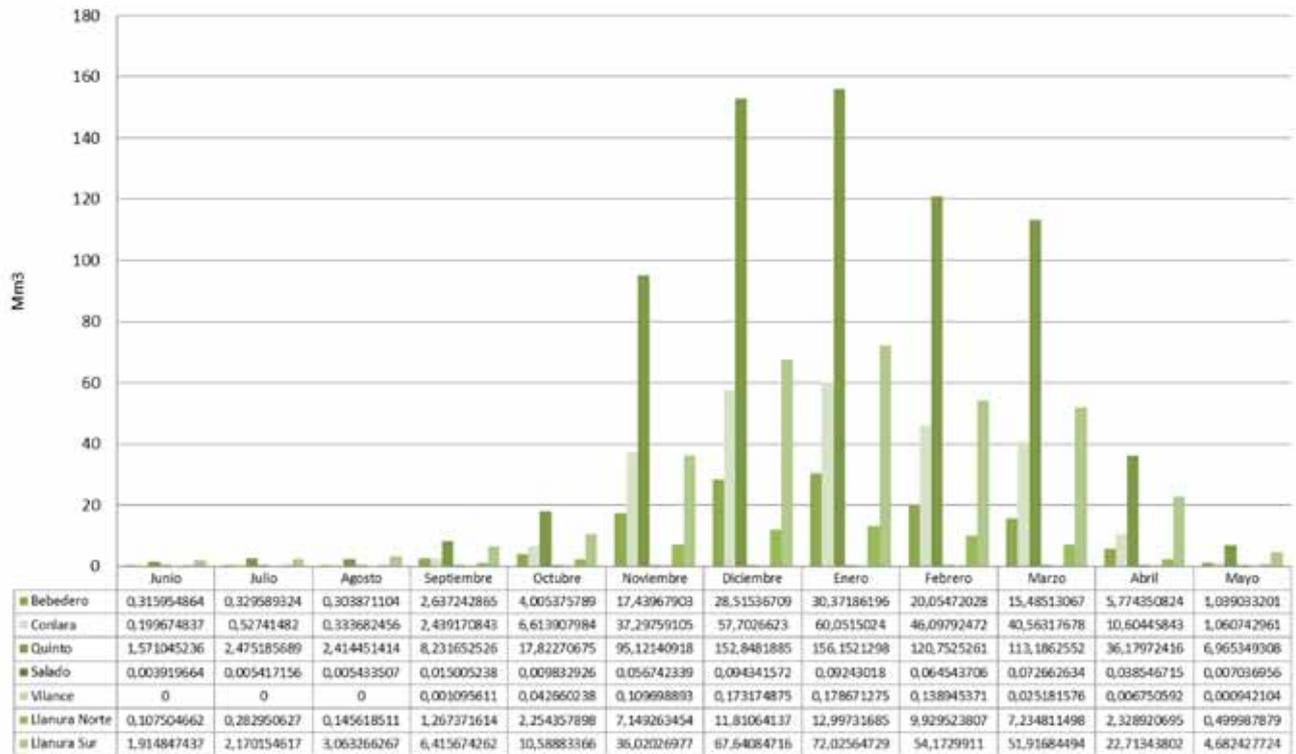
Huella Hídrica Territorial Mensual Cuenca Llanura Norte



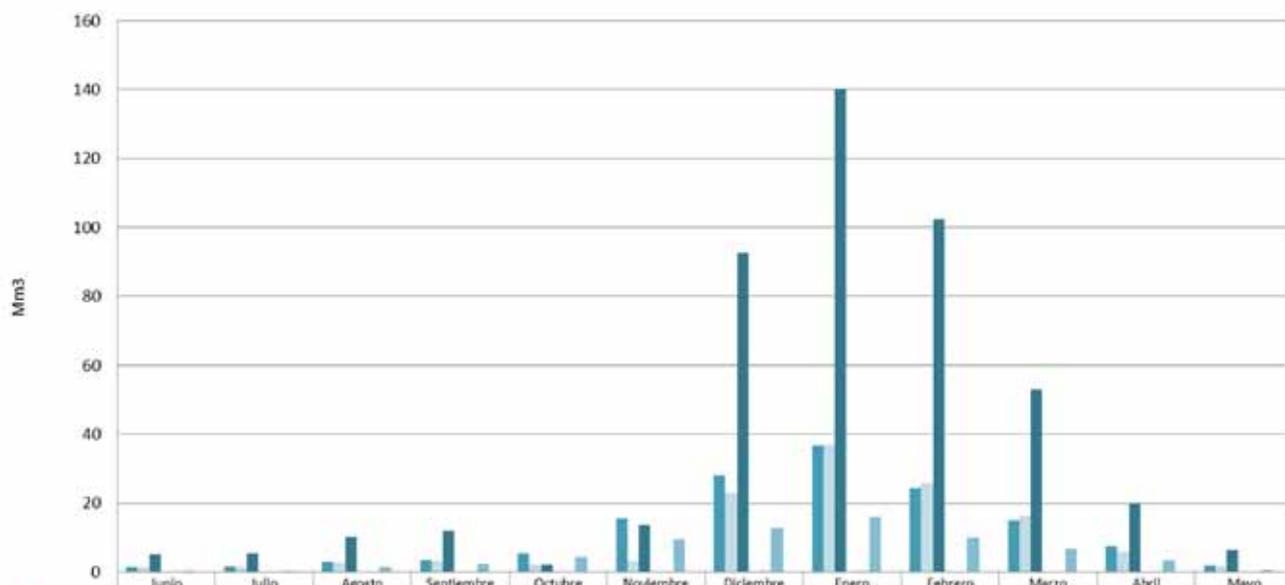
Huella Hídrica Territorial Mensual Cuenca Llanura Sur



HH Verde Mensual por Cuencas (Millones de m³)



HH Azul Mensual por Cuencas (Millones de m3)



	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
■ Bebedero	1,328656057	1,61363135	2,784224552	3,373843267	5,310684275	15,53314309	27,98759657	36,59701012	24,42842236	15,08450909	7,316223984	1,906900024
■ Conlara	1,406251937	1,373685637	2,558232331	3,174401815	2,065872491	3,0673975	22,93051283	36,90237271	25,75450414	16,33197667	5,866141924	1,532977187
■ Quinto	5,240978062	5,486979423	10,08006809	11,86008777	2,105346964	13,72952526	92,4727307	140,0828906	102,3033675	52,98406921	19,90997263	6,3099929
■ Salado	0,031628723	0,036406353	0,055372617	0,06983768	0,015006345	0,067242968	0,167329515	0,189131054	0,110087574	0,073139154	0,035444078	0,031839414
■ Vilance	0	0	0	0	0,007637415	0,117161475	0,353053255	0,361076403	0,243716512	0,042415911	0,013735305	0,000952356
■ Llanura Norte	0,491474302	0,482108994	1,502188106	2,4737521	4,419825005	9,382684061	12,7652222	16,1248303	10,06531042	6,74833584	3,27778499	0,711236168
■ Llanura Sur	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005

Huella Hídrica por Departamentos - Cultivos Extensivos

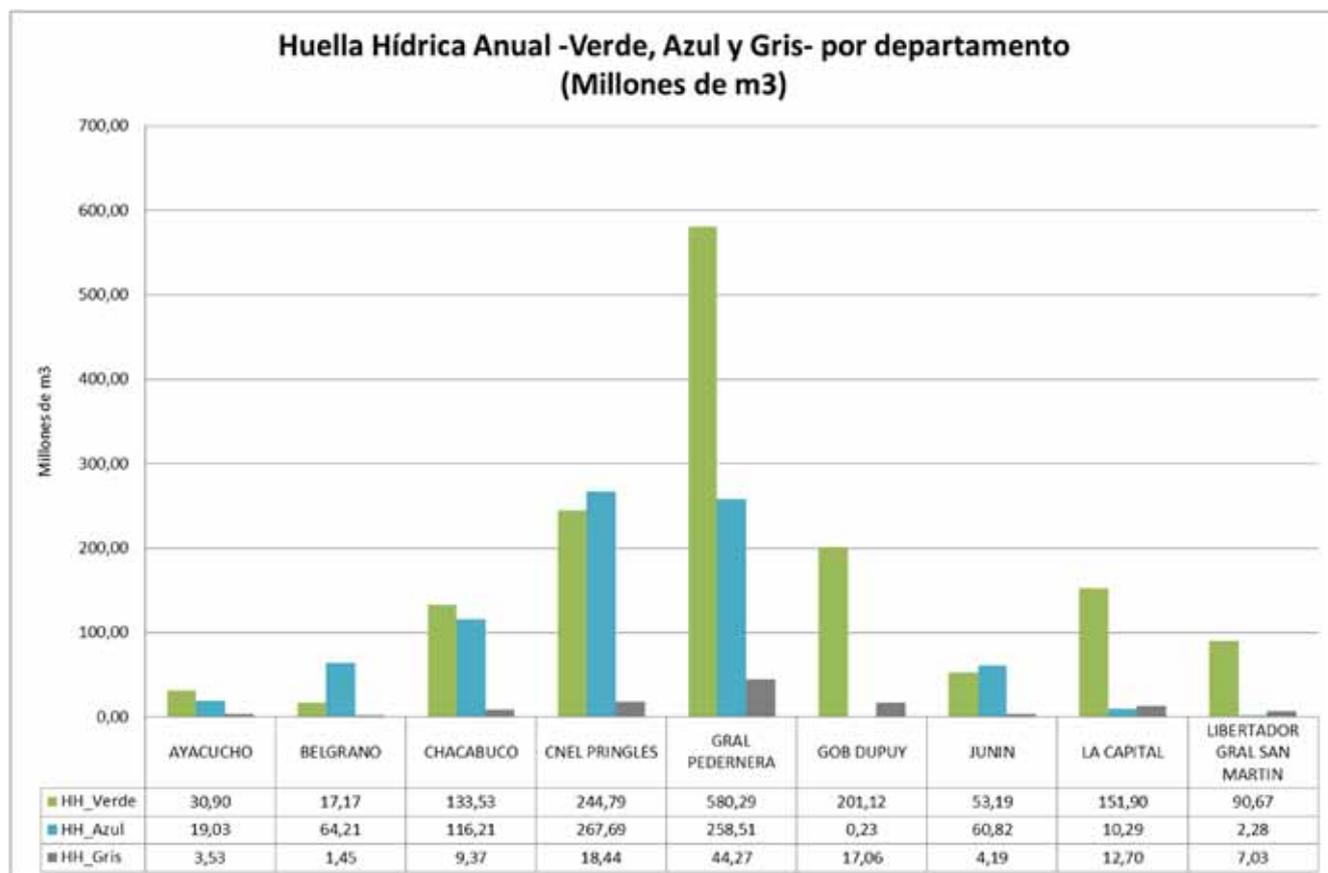
Se analizan en este punto las Huellas Hídricas anual y mensual de los cultivos extensivos a nivel de departamentos.

Considerar la huella hídrica departamental es importante ya que si bien no tiene un criterio hidrológico, como el considerarla por cuenca, permite interpretar los datos hacia las dependencias administrativas de la provincia, lo cual facilita la aplicación de otras diferentes herra-

mientas de gestión.

A continuación se presenta la Figura 7.7 que representa la huella hídrica anual diferenciado por departamentos y los 3 mapas correspondientes. (Figura 7.8)

Figura 7.7



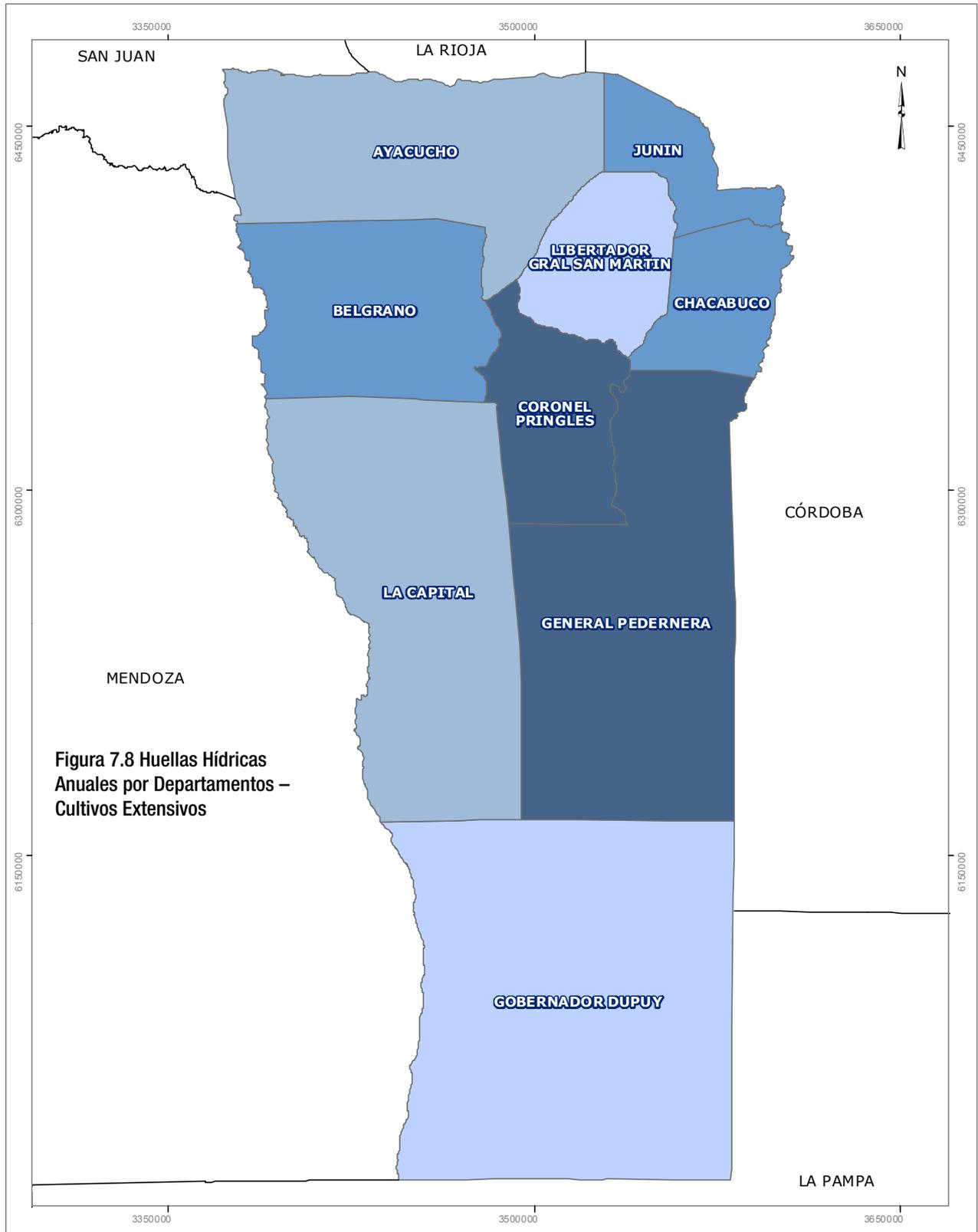
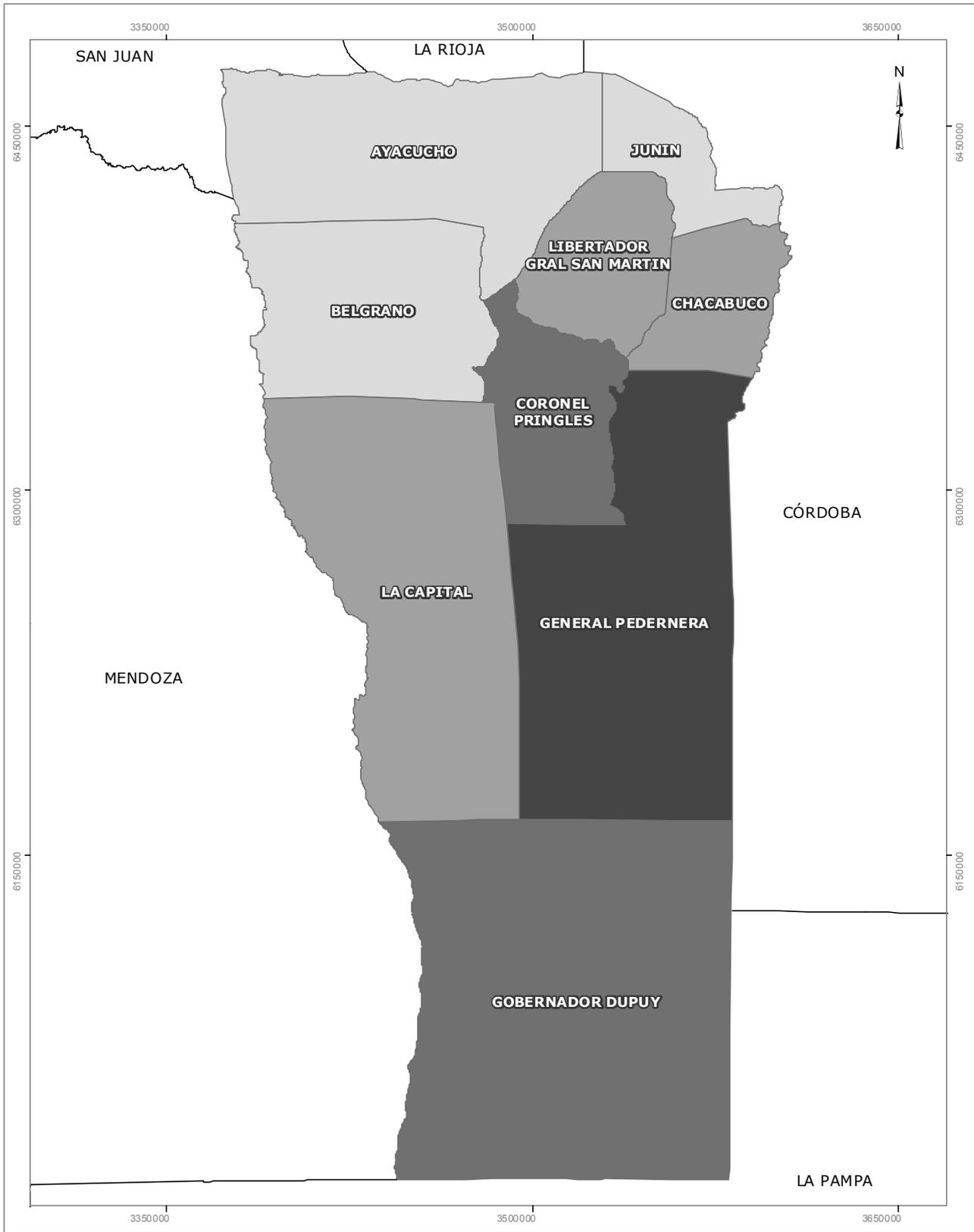
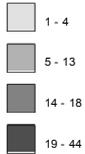


Figura 7.8 Huellas Hídricas Anuales por Departamentos – Cultivos Extensivos

<p>Millones m³/año</p> <ul style="list-style-type: none"> 0 - 2 3 - 19 20 - 116 117 - 268 	<p>Cultivos Extensivos Huella Hídrica Azul - Anual</p>	 <p>FUNDACIÓN NATURALEZA PARA EL FUTURO</p>	
<p>ESC: 1:2.000.000</p> <p>0 12,5 25 50 Kilómetros</p>	<p>Sistema de referencia POSGAR 94 Coordenadas Gauss-Krüger Faja 3</p>	<p>Provincia de San Luis</p>	



Millones m³/año



Cultivos Extensivos

Huella Hídrica Gris - Anual

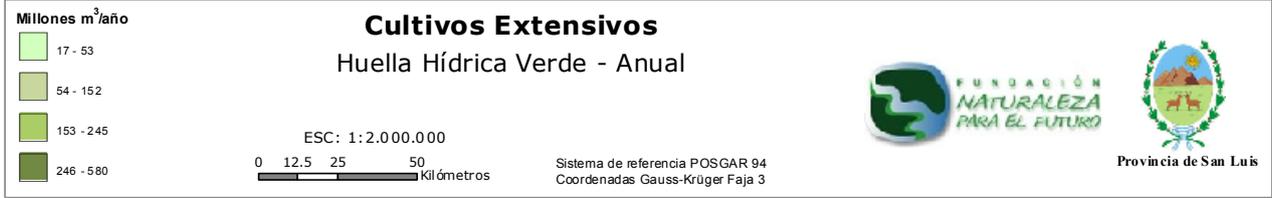
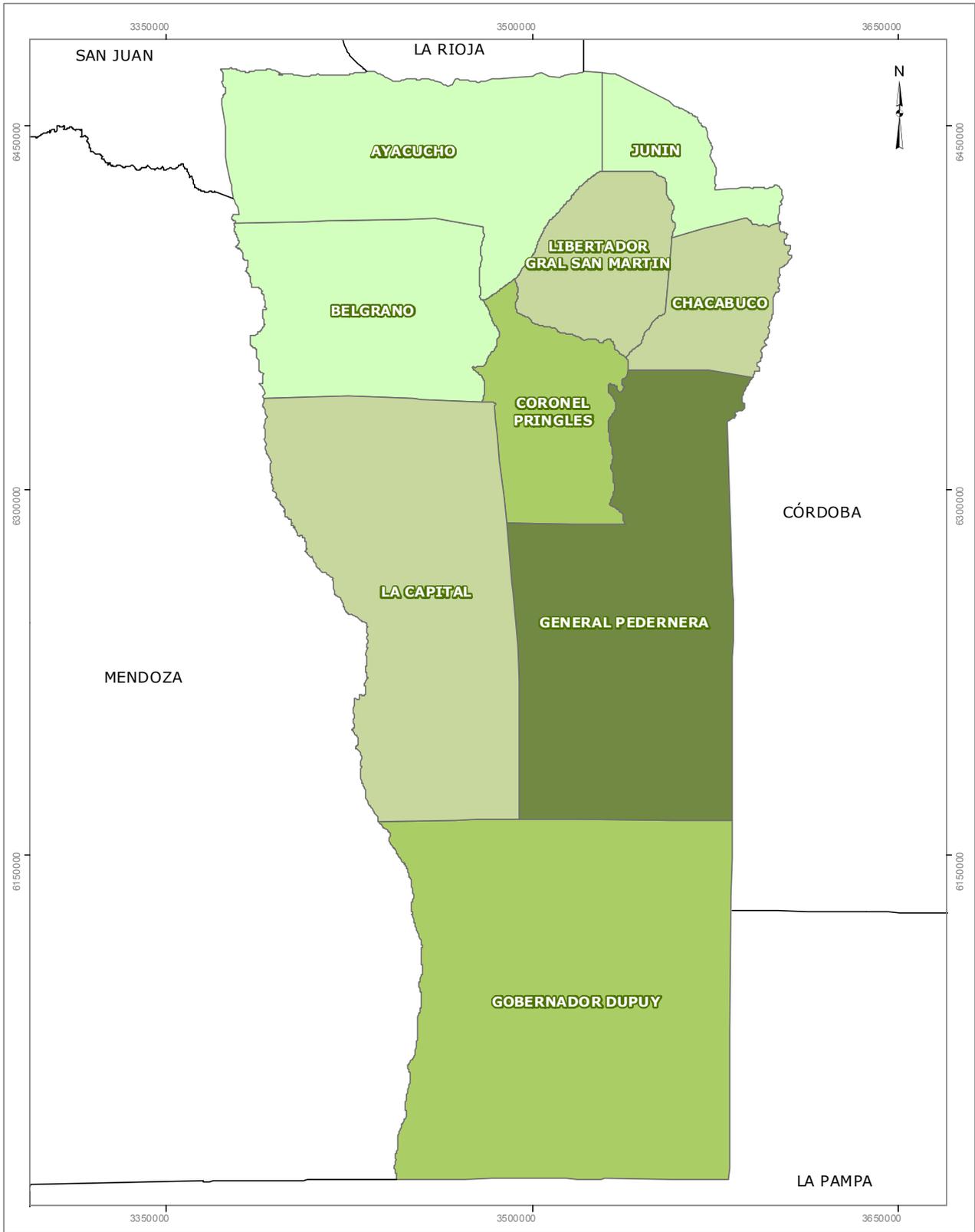
ESC: 1:2.000.000



Sistema de referencia POSGAR 94
Coordenadas Gauss-Krüger Faja 3



Provincia de San Luis



8. Cultivos intensivos

La huella hídrica total de los cultivos extensivos para la Prov. de San Luis es de:
- 40,57 millones de m³/año para la verde
- 45,21 millones de m³/año para la azul
- 0,84 millones de m³/año para la gris.

Se presentan en la Figura 8.1 los valores obtenidos de huella hídrica anual -verde, azul y gris- para cada cultivo intensivo. **Se evidencia que la alfalfa y la papa representan una huella considerablemente mayor al resto por la extensión que ocupan**, es por ello que en la Figura 8.2 (de proporciones) se optó por agregar uno con el resto de los cultivos para dar visibilidad al conjunto restante de cultivos.

Queda en evidencia que la proporción de huella que representan los cultivos intensivos es mínima con respecto al total obtenido para los extensivos. De todas maneras es importante prestar atención al comportamiento hídrico de cada uno de los cultivos representados en la Figura 8.3 por unidad de rendimiento. Si bien la superfi-

cie que ocupan es mínima en la provincia se debe tener en cuenta que puede ser un sector en crecimiento.

Cultivos como el olivo o el arándano que vienen creciendo en los últimos años tienen un consumo hídrico por unidad de rendimiento considerablemente mayor a algunas hortalizas u otros frutales. Para el caso de las hortalizas sus importantes niveles de fertilización se traducen en una huella gris por unidad de rendimiento considerablemente más elevada que el resto. Tal como se explicó en el apartado de cultivos extensivos se presentan también los desvíos estándar para dar noción de la variabilidad de cada cultivo.

Figura 8.1

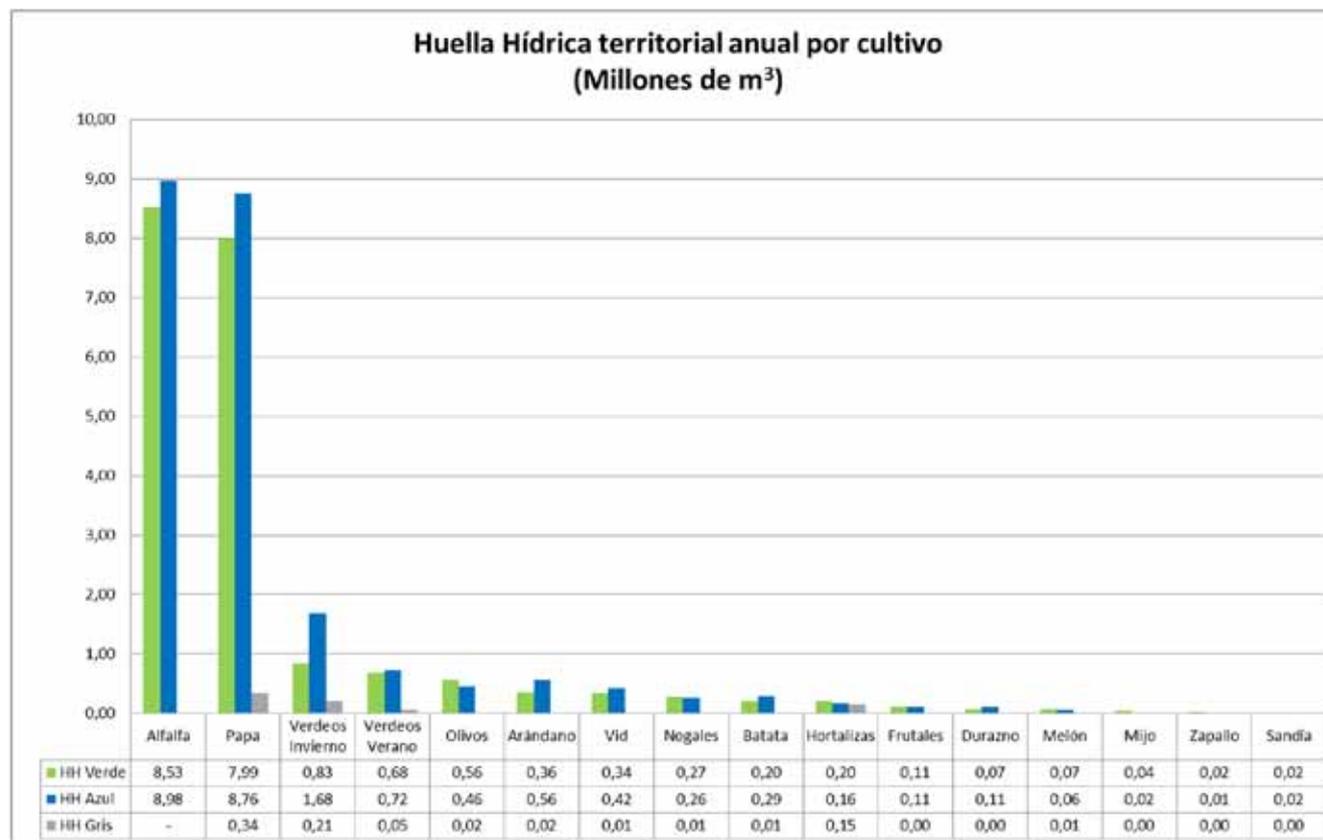


Figura 8.2

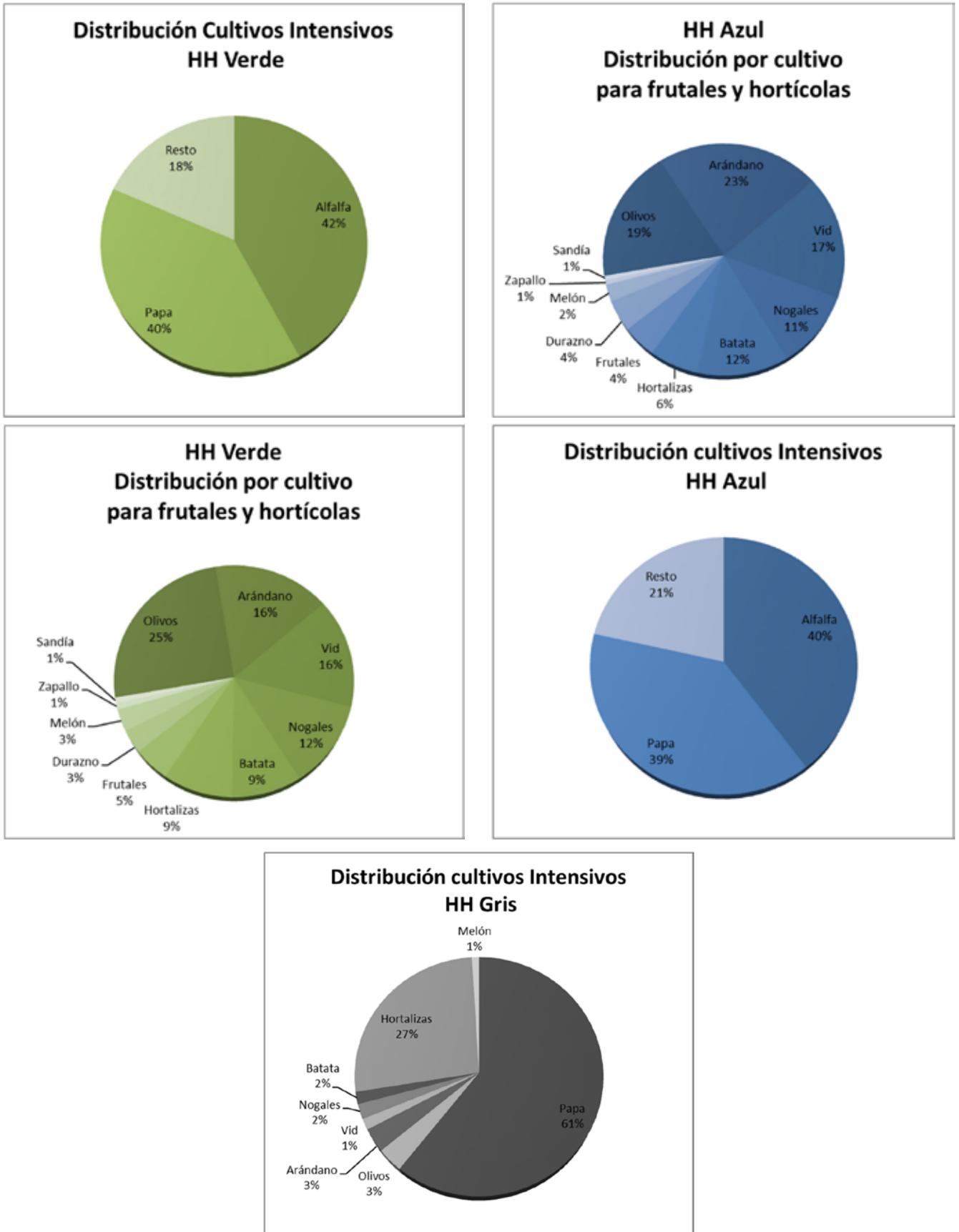
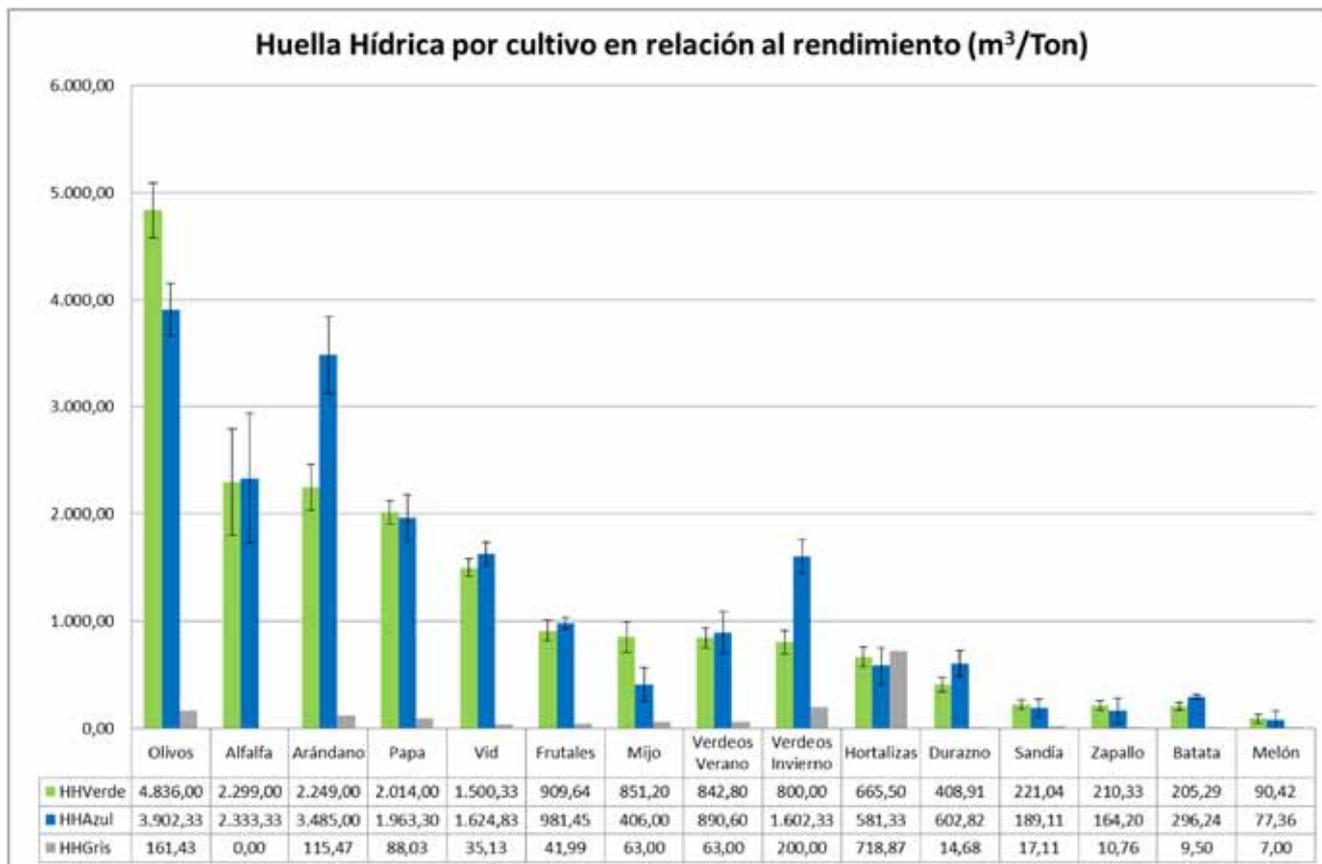


Figura 8.3



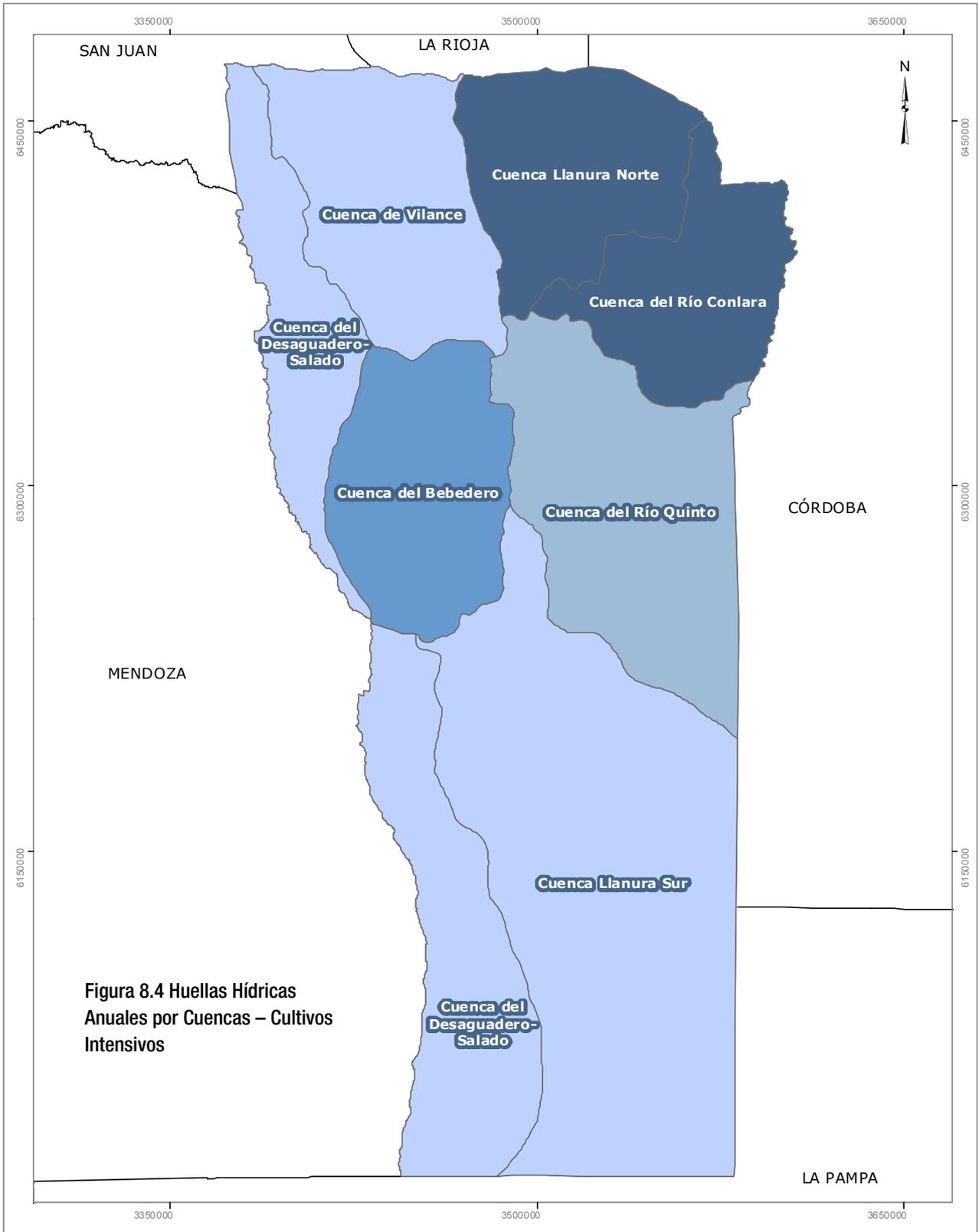
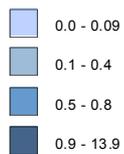


Figura 8.4 Huellas Hídricas Anuales por Cuencas – Cultivos Intensivos

Millones m³/año



Cultivos Intensivos

Huella Hídrica Azul - Anual

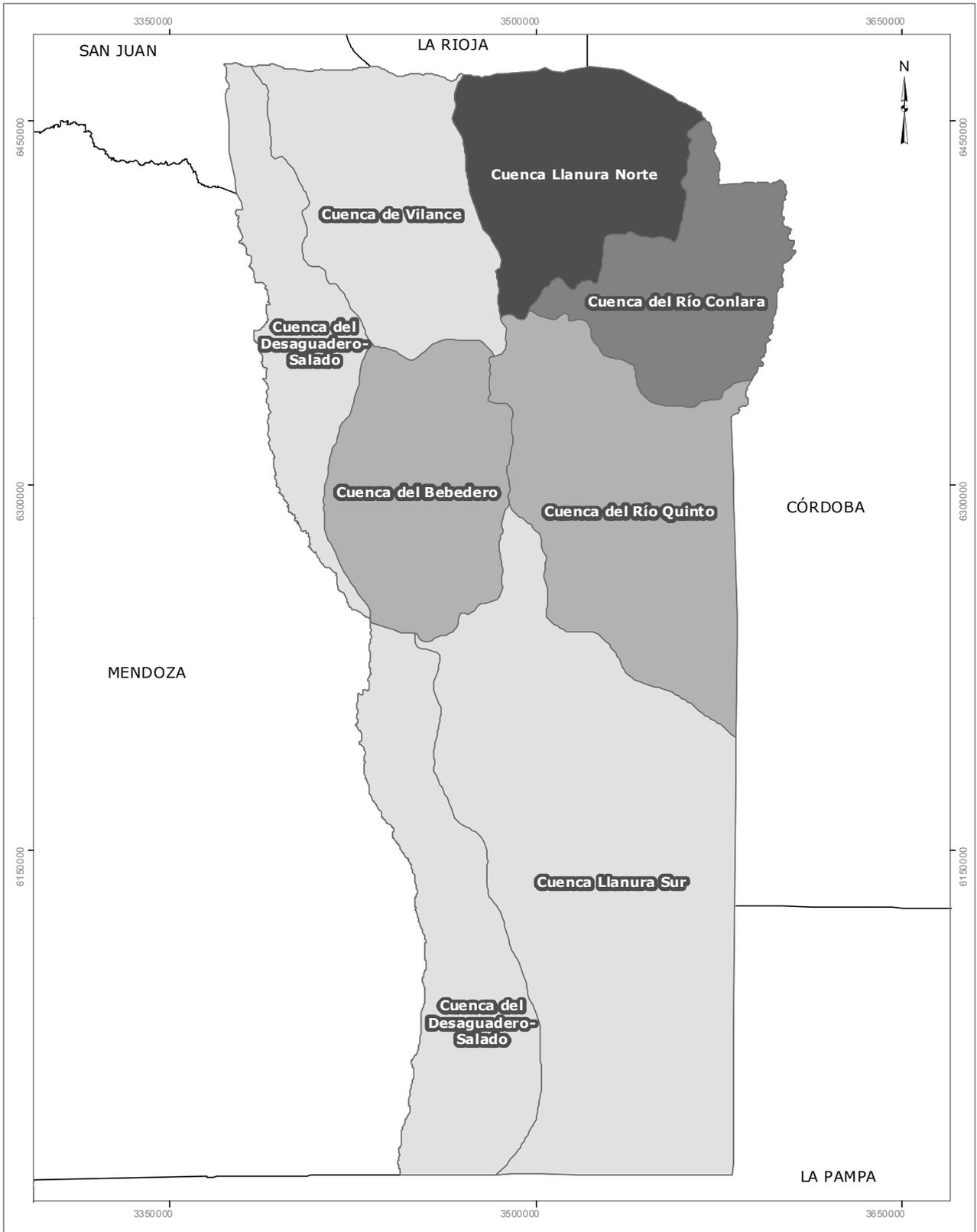
ESC: 1:2.000.000



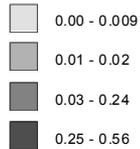
Sistema de referencia POSGAR 94
Coordenadas Gauss-Krüger Faja 3



Provincia de San Luis



Millones m³/año



Cultivos Intensivos

Huella Hídrica Gris - Anual

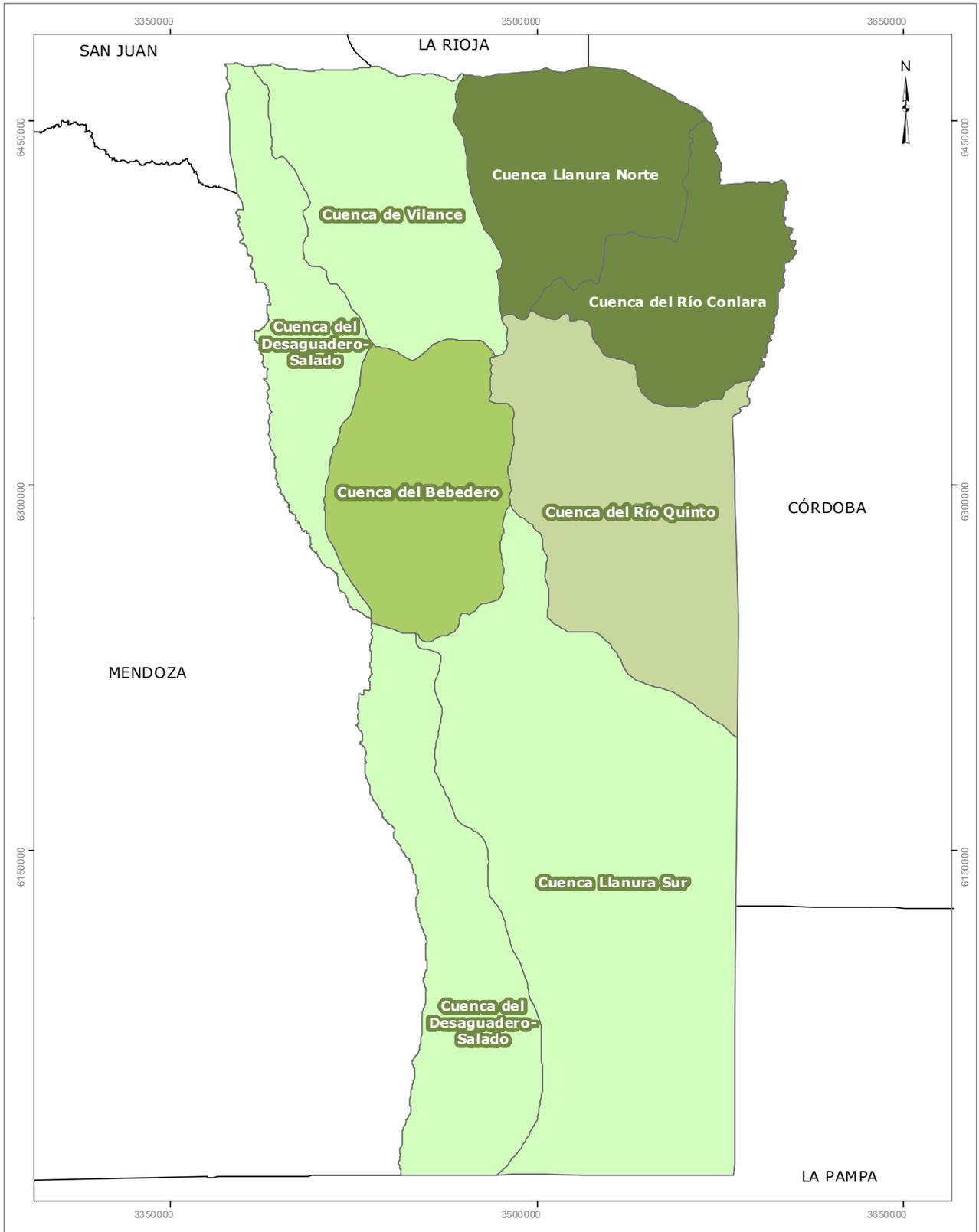
ESC: 1:2.000.000



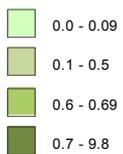
Sistema de referencia POSGAR 94
Coordenadas Gauss-Krüger Faja 3



Provincia de San Luis



Millones m³/año



Cultivos Intensivos

Huella Hídrica Verde - Anual

ESC: 1:2.000.000



Sistema de referencia POSGAR 94
Coordenadas Gauss-Krüger Faja 3



Provincia de San Luis

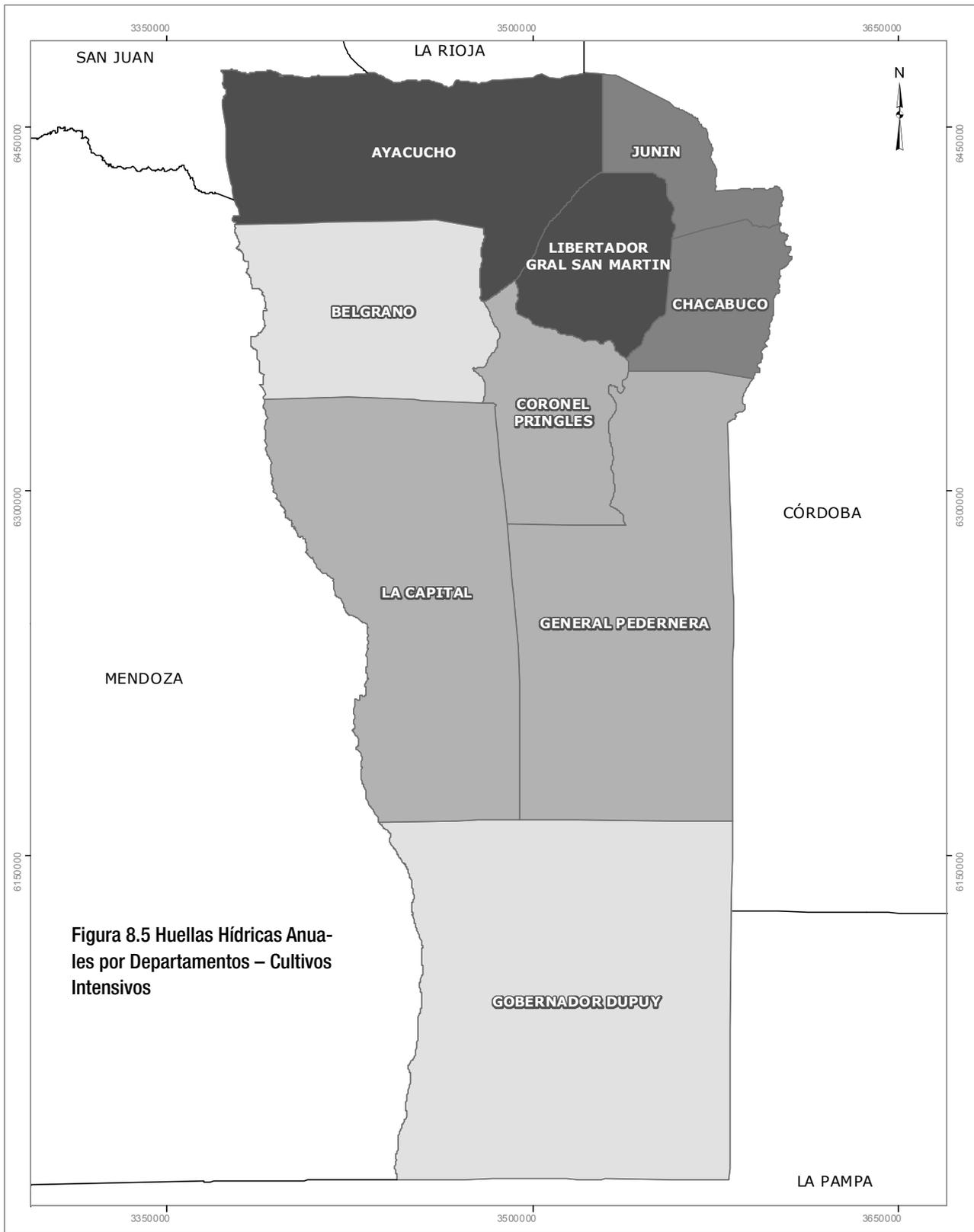
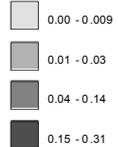


Figura 8.5 Huellas Hídricas Anuales por Departamentos – Cultivos Intensivos

Millones m³/año



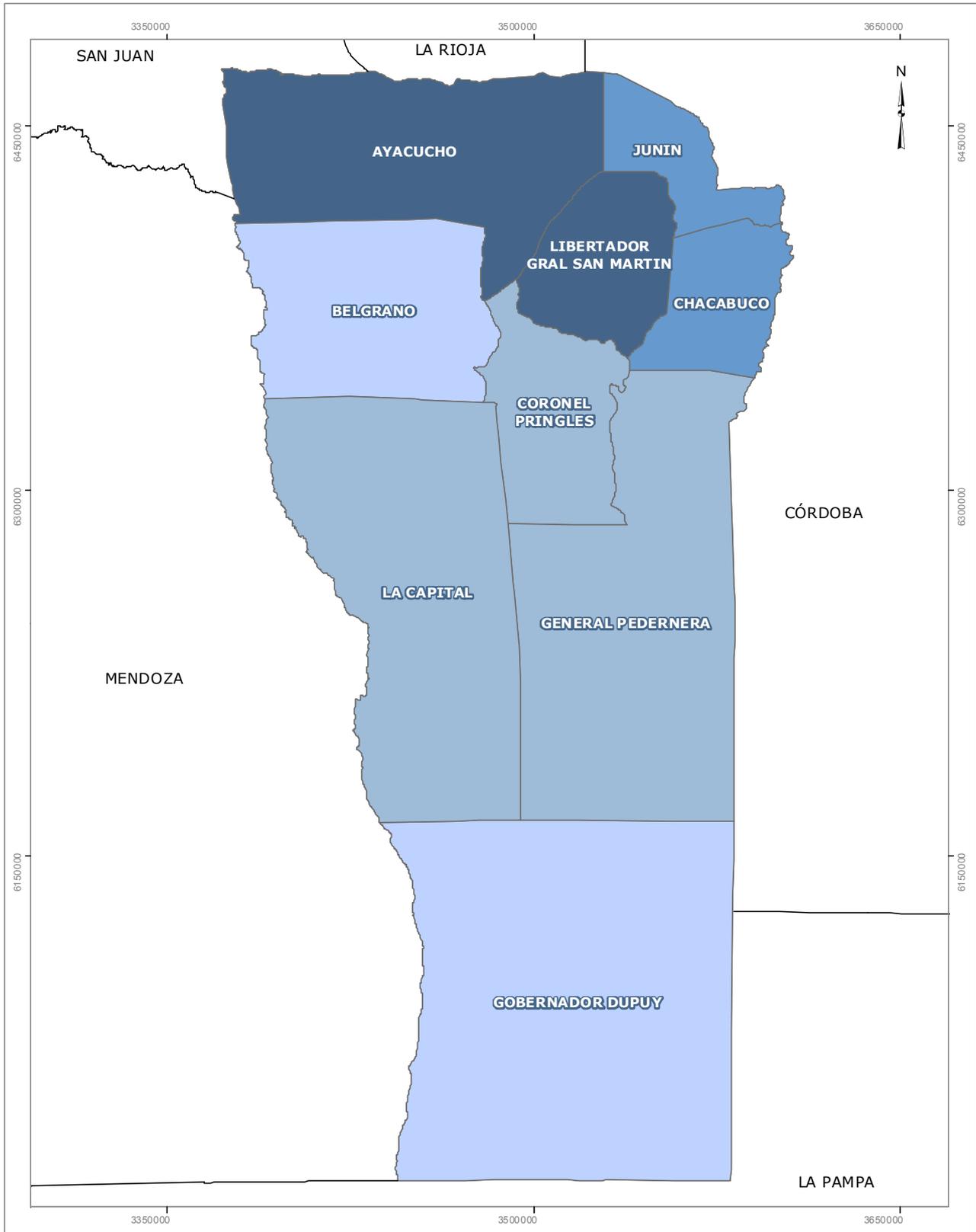
Cultivos Intensivos
Huella Hídrica Gris - Anual



Sistema de referencia POSGAR 94
Coordenadas Gauss-Krüger Faja 3



Provincia de San Luis



Millones m³/año

- 0.0 - 0.5
- 0.6 - 1.3
- 1.4 - 3.3
- 3.4 - 5.3

Cultivos Intensivos

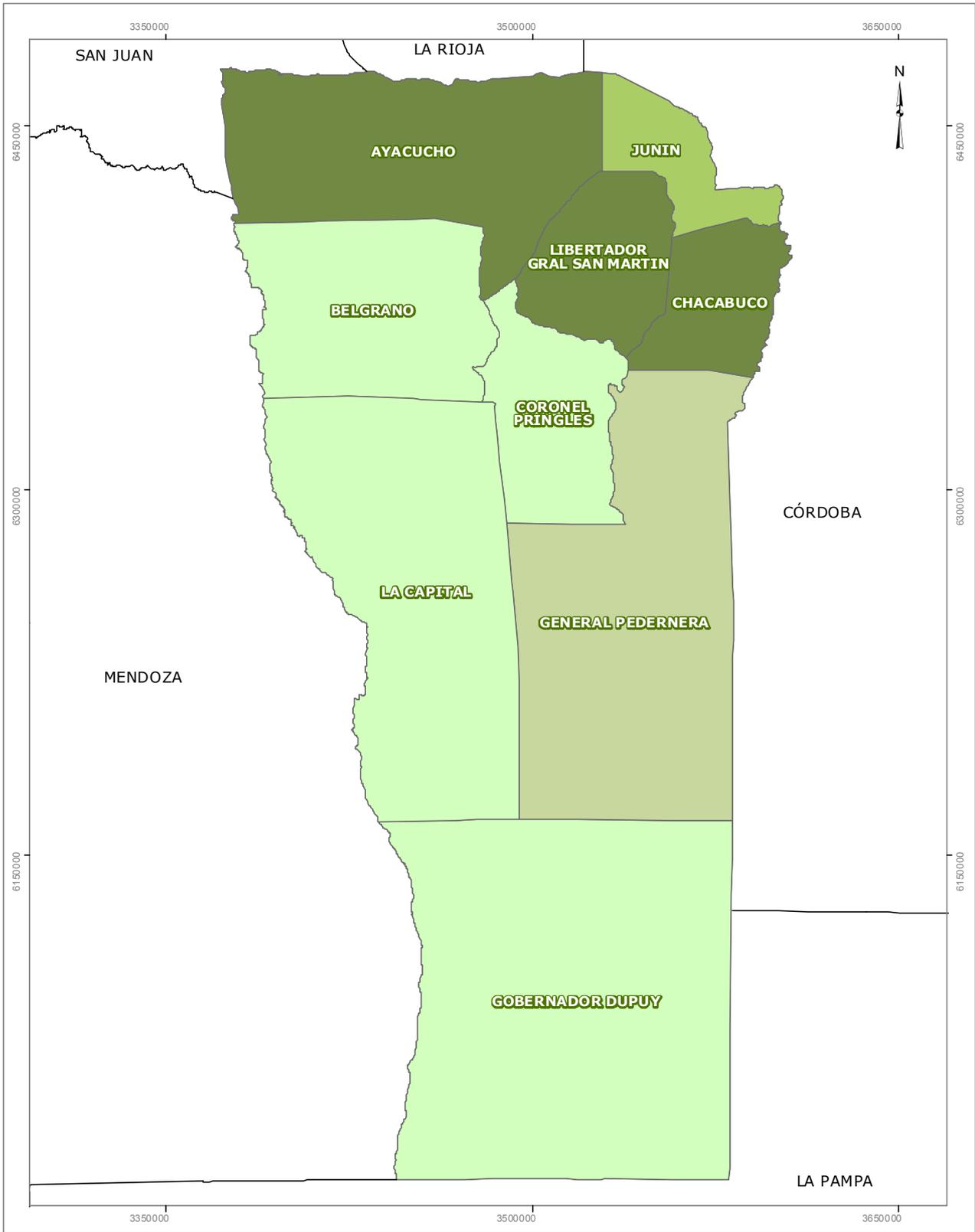
Huella Hídrica Azul - Anual

ESC: 1:2.000.000
 0 12.5 25 50
 Kilómetros

Sistema de referencia POSGAR 94
 Coordenadas Gauss-Krüger Faja 3



Provincia de San Luis



Millones m³/año

- 0.0 - 0.5
- 0.6 - 1.3
- 1.4 - 3.3
- 3.4 - 5.3

Cultivos Intensivos
Huella Hídrica Verde - Anual

ESC: 1:2.000.000

0 12.5 25 50 Kilómetros

Sistema de referencia POSGAR 94
Coordenadas Gauss-Krüger Faja 3




Provincia de San Luis

9. Sector pecuario

Huella Hídrica Total Provincial – Sector Pecuario

La Huella Hídrica Total del sector pecuario para la provincia de San Luis es de:

- 5.143,79 millones de m³/año para la verde
- 303,42 millones de m³/año para la azul

A continuación se presentan los cuadros que muestran la huella hídrica verde y azul para los siguientes grupos: bovinos de carne extensivos, bovinos de tambo, bovinos de feed lot, porcinos, caprinos, ovinos y equinos.

Cuadro 9.1

BOVINOS DE CARNE EXTENSIVOS						
	Total por depto. (m ³ /año)		Por cabeza (m ³ /cab/año)		Por ton animal (m ³ /ton/año)	
	HH VERDE	HH AZUL	HH VERDE	HH AZUL	HH VERDE	HH AZUL
Ayacucho	210.463.235	12.487.461	2.064	12122	6.276	1372
Belgrano	223.226.912	2.144.708	2.501	24	7.594	73
Chacabuco	696.374.598	19.369.480	7.509	209	22.754	633
Pringles	432.223.115	27.439.206	3.714	236	11.217	712
Pedernera	976.434.990	43.089.962	2.492	110	7.726	341
Dupuy	972.951.420	6.503.892	2.010	13	6.182	41
Junín	280.099.831	2.732.421	7.630	74	23.201	226
La Capital	436.393.938	19.614.706	2.805	126	8.392	377
San Martín	548.070.040	1.495.498	8.746	24	26.515	72
TOTAL	4.776.238.080	134.877.333	3.119	88	9.542	269

BOVINOS DE TAMBO						
	Total por depto. (m ³ /año)		Por cabeza (m ³ /cab/año)		Por ton animal (m ³ /ton/año)	
	HH VERDE	HH AZUL	HH VERDE	HH AZUL	HH VERDE	HH AZUL
Ayacucho	8.441.560	5.958.801	4.824	3.405	8.770	6.191
Belgrano	0	0				
Chacabuco	20.451.739	1.075.676	11.529	606	31.106	1.636
Pringles	4.412.345	263.408	12.752	761	28.858	1.723
Pedernera	6.818.621	1.020.618	4.507	675	11.375	1.703
Dupuy	0	0				
Junín	0	0				
La Capital	11.510.175	684.981	12.676	754	29.077	1.730
San Martín	0	0				
TOTAL	51.634.441	9.003.484	8.208	1.431	18.653	3.252

BOVINOS DE FEED LOT

	Total por depto. (m ² /año)		Por cabeza (m ² /cab/año)		Por ton animal (m ² /ton/año)	
	HH VERDE	HH AZUL	HH VERDE	HH AZUL	HH VERDE	HH AZUL
Ayacucho	8.442.650.242	1.241.489	3.025	1.417	11.604	5.436
Belgrano	108.274	50.551	3.493	1.631	11.642	5.436
Chacabuco	11.335.199	5.771.512	3.045	1.550	10.675	5.436
Pringles	65.025.360	27.531.274	3.753	1.589	12.838	5.436
Pedernera	129.902.643	56.274.685	3.898	1.689	12.547	5.436
Dupuy	5.546.814	2.309.855	3.686	1.535	13.053	5.436
Junín	20.051.039	10.319.200	3.190	1.642	10.562	5.436
La Capital	0	0				
San Martín	0	0				
TOTAL	234.619.570	103.498.566	3.720	1.641	12.322	5.436

PORCINOS

	Total por depto. (m ² /año)		Por cabeza (m ² /cab/año)		Por ton animal (m ² /ton/año)	
	HH VERDE	HH AZUL	HH VERDE	HH AZUL	HH VERDE	HH AZUL
Ayacucho	1.253.973	2.069.355	1.038	1.713	8.177	13.495
Belgrano	1.448.624	2.225.361	962	1.478	8.994	13.817
Chacabuco	5.229.486	5.240.680	937	939	10.400	10.422
Pringles	28.100.776	23.522.595	804	673	12.582	10.532
Pedernera	23.136.842	19.518.835	910	768	11.757	9.919
Dupuy	938.902	1.818.283	997	1.931	9.105	17.633
Junín	1.268.680	2.080.788	1.038	1.703	8.595	14.097
La Capital	4.565.782	4.712.694	906	936	10.956	11.308
San Martín	1.031.721	1.891.706	1.080	1.981	7.995	14.659
TOTAL	66.974.786	54.523.610	872	710	11.517	9.376

CAPRINOS

	Total por depto. (m ² /año)		Por cabeza (m ² /cab/año)		Por ton animal (m ² /ton/año)	
	HH VERDE	HH AZUL	HH VERDE	HH AZUL	HH VERDE	HH AZUL
Ayacucho	136.803	31.110	5,32	1,21	254,22	57,81
Belgrano	106.831	23.210	6,21	1,35	241,05	52,37
Chacabuco	36.126	6.206	7,12	1,22	314,43	54,02
Pringles	38.480	10.031	5,03	1,31	194,90	50,81
Pedernera	220	1.967	0,14	1,22	6,27	55,96
Dupuy	118	1.965	0,08	1,30	3,28	54,77
Junín	96.472	7.936	15,76	1,30	667,77	54,93
La Capital	22.061	12.526	2,28	1,29	95,41	54,17
San Martín	185.716	14.090	17,04	1,29	725,52	55,05
TOTAL	622.827	109.042	7,28	1,28	311,99	54,62

OVINOS

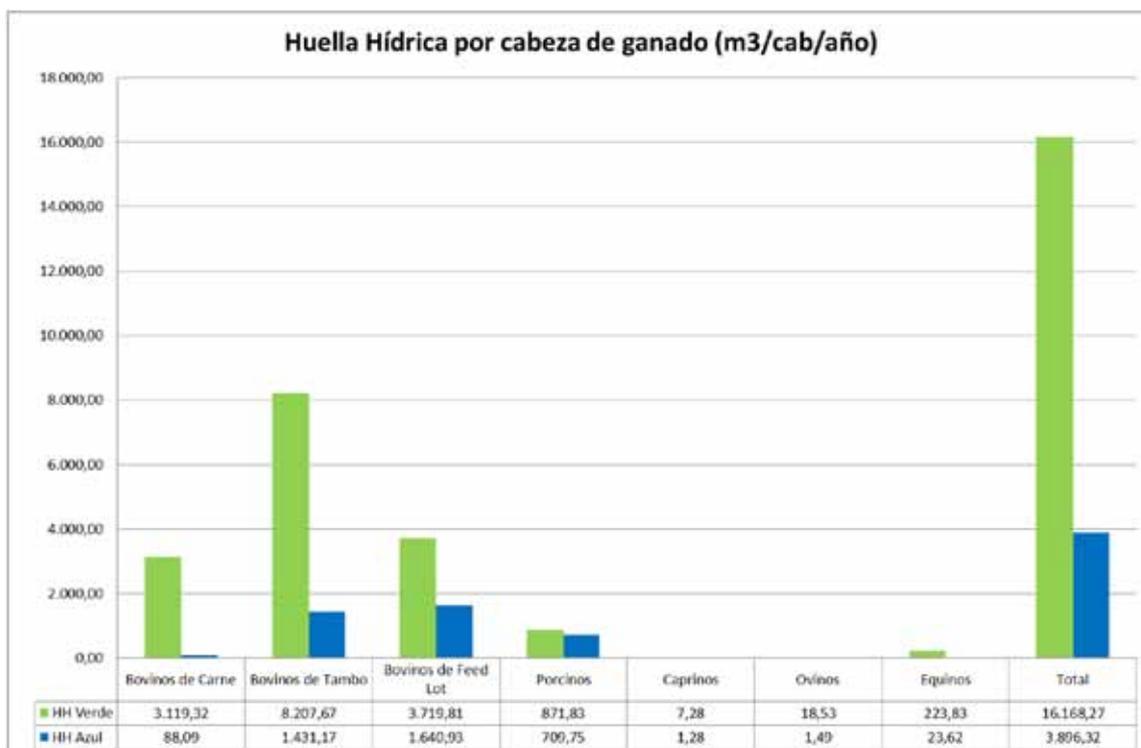
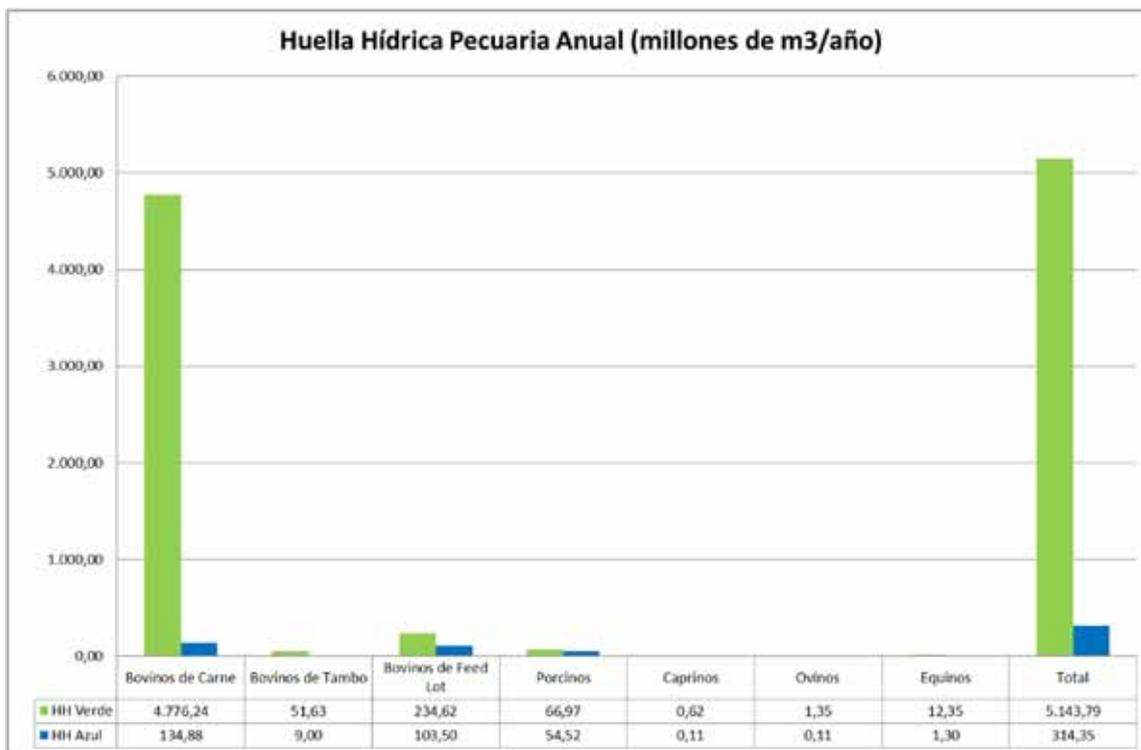
	Total por depto. (m ³ /año)		Por cabeza (m ³ /cab/año)		Por ton animal (m ³ /ton/año)	
	HH VERDE	HH AZUL	HH VERDE	HH AZUL	HH VERDE	HH AZUL
Ayacucho	1.415	2.010	1,07	1,52	25,81	36,64
Belgrano	4.656	3.276	2,12	1,49	52,75	37,11
Chacabuco	181.745	9.262	29,68	1,51	725,21	36,96
Pringles	468.263	23.876	29,96	1,53	721,06	36,77
Pedernera	64.656	22.378	4,17	1,44	109,91	38,04
Dupuy	19.079	16.608	1,69	1,47	43,13	37,54
Junín	63.950	4.230	22,84	1,51	556,92	36,84
La Capital	40.815	11.387	5,26	1,47	134,24	37,45
San Martín	503.866	15.218	49,77	1,50	1.223,29	36,95
TOTAL	1.348.446	108.244	18,53	1,49	464,25	37,27

EQUINOS

	Total por depto. (m ³ /año)		Por cabeza (m ³ /cab/año)		Por ton animal (m ³ /ton/año)	
	HH VERDE	HH AZUL	HH VERDE	HH AZUL	HH VERDE	HH AZUL
Ayacucho	1.656.433	390.417	320,55	75,55	832,95	196,32
Belgrano	1.540.147	365.177	406,96	96,49	1.062,32	251,88
Chacabuco	133.771	366.437	34,71	95,09	87,76	240,39
Pringles	3.856.706	444.204	475,27	54,74	1.222,04	140,75
Pedernera	1.317.397	494.643	121,10	45,47	305,22	114,60
Dupuy	437.037	434.605	57,59	57,27	144,85	144,04
Junín	196.036	358.124	57,69	105,39	146,99	268,52
La Capital	587.142	420.735	85,98	61,61	223,86	160,41
San Martín	2.627.667	397.781	471,67	71,40	1.199,35	181,56
TOTAL	12.352.338	1.303.241	223,83	23,62	571,88	60,34

A continuación se presentan los gráficos ilustrativos para toda la provincia por tipo de producción ganadera (Figura 9.1)

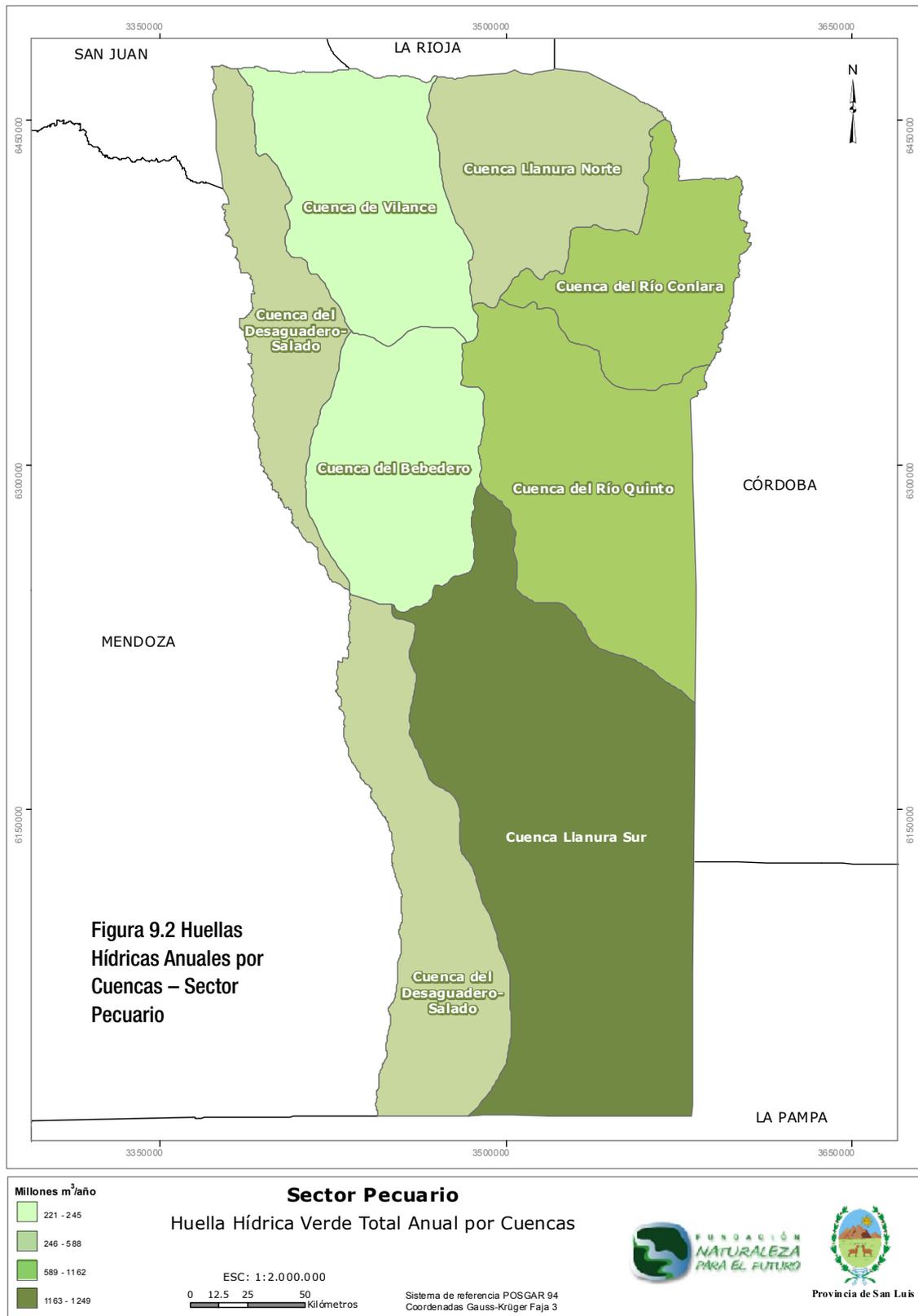
Figura 9.1

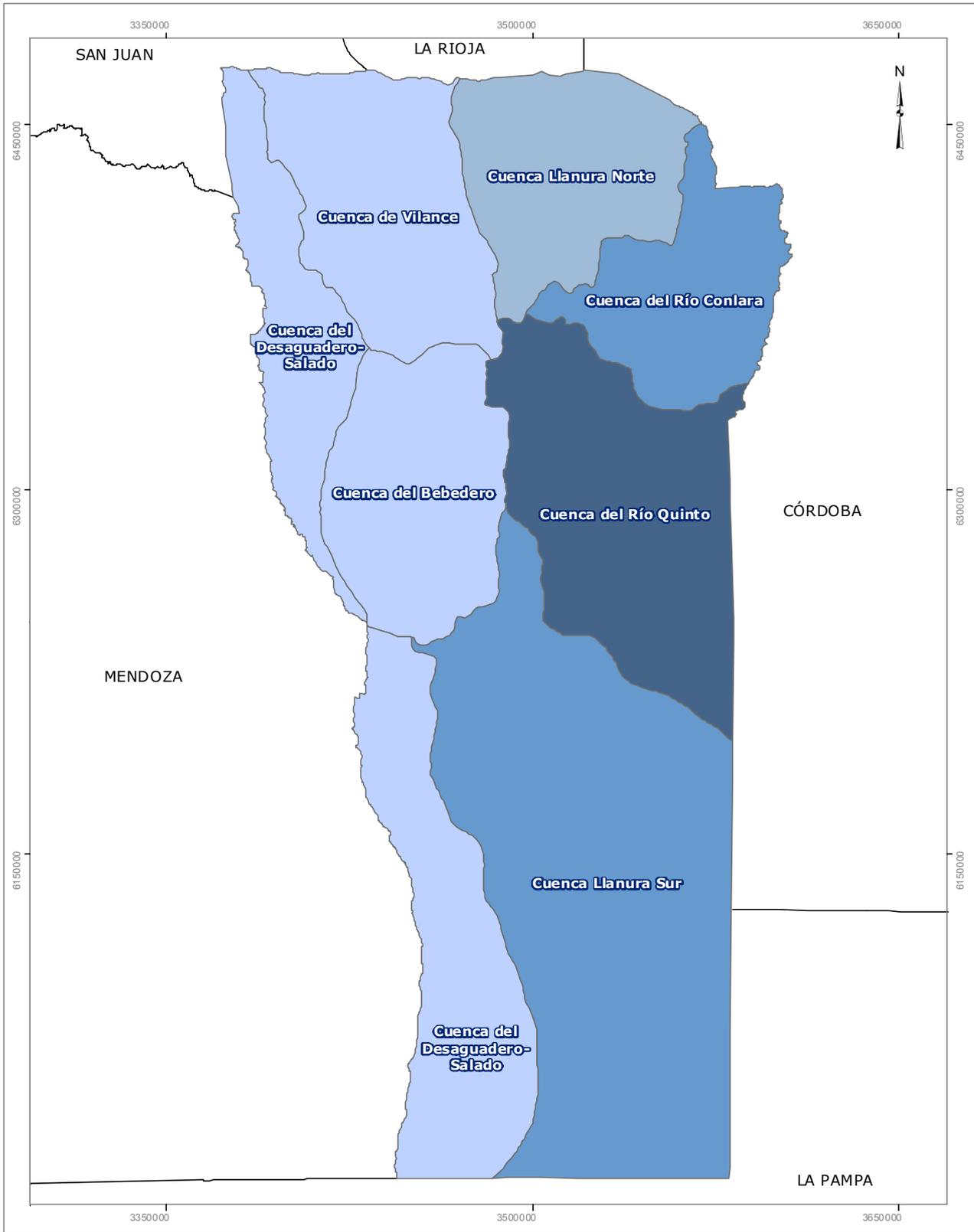


Se presentan a continuación los cuatro mapas anuales totales del sector pecuario (Figura 9.2), dos por cuenca y por departamento, correspondientes a las huellas

hídricas verde y azul.

En el Anexo IV se adjuntan los mismos mapas para los 7 sectores pecuarios analizados.





Millones m³/año

- 13 - 16
- 17 - 23
- 24 - 64
- 65 - 141

Sector Pecuario

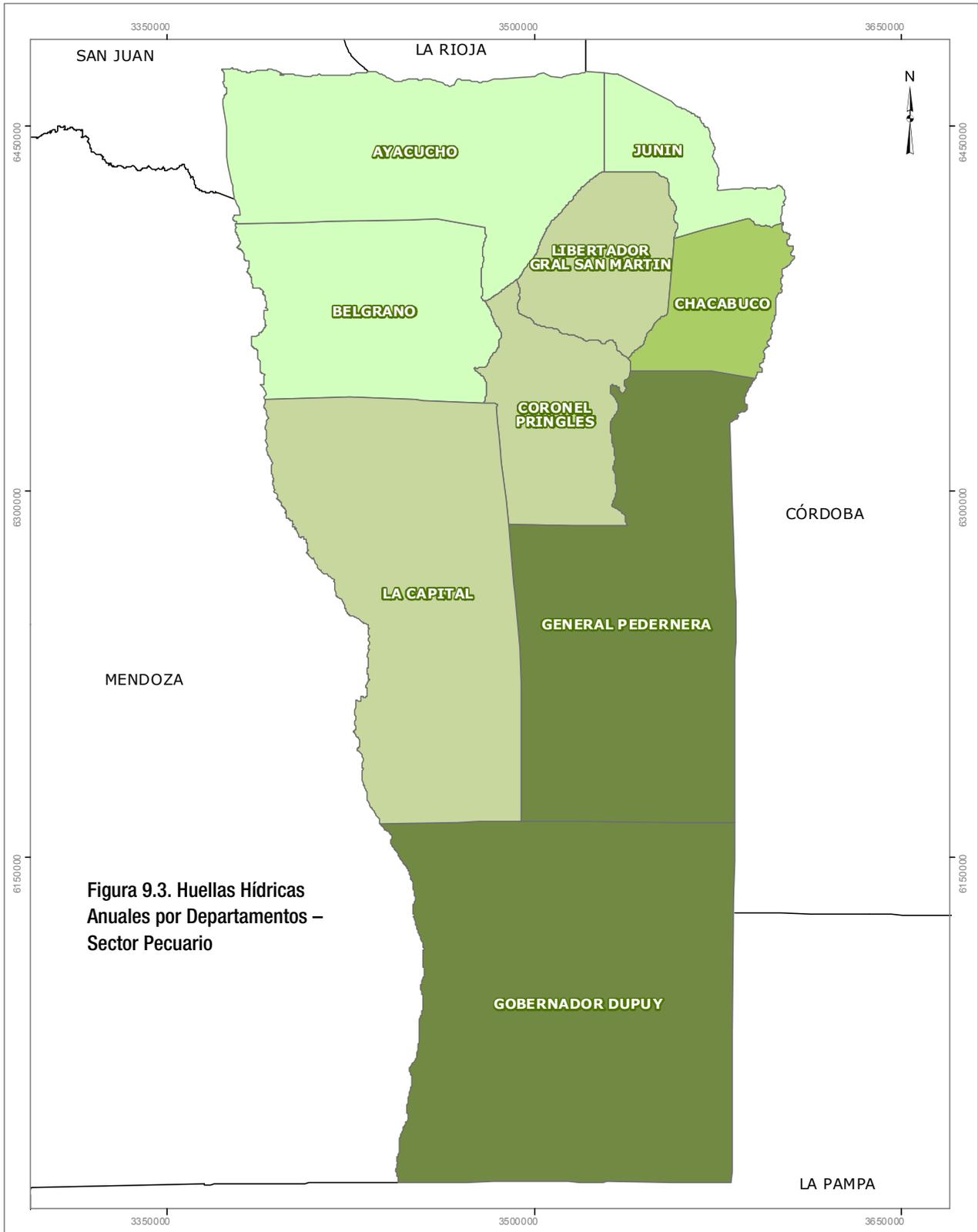
Huella Hídrica Azul Total Anual por Cuencas

ESC: 1:2.000.000
 0 12,5 25 50 Kilómetros

Sistema de referencia POSGAR 94
 Coordenadas Gauss-Krüger Faja 3



Provincia de San Luis



Sector Pecuario

Huella Hídrica Verde Total Anual por Departamentos

Millones m³/año

- 225 - 302
- 303 - 552
- 553 - 734
- 735 - 1138

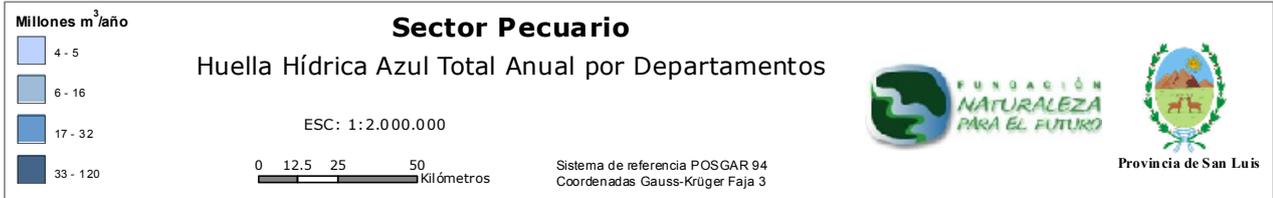
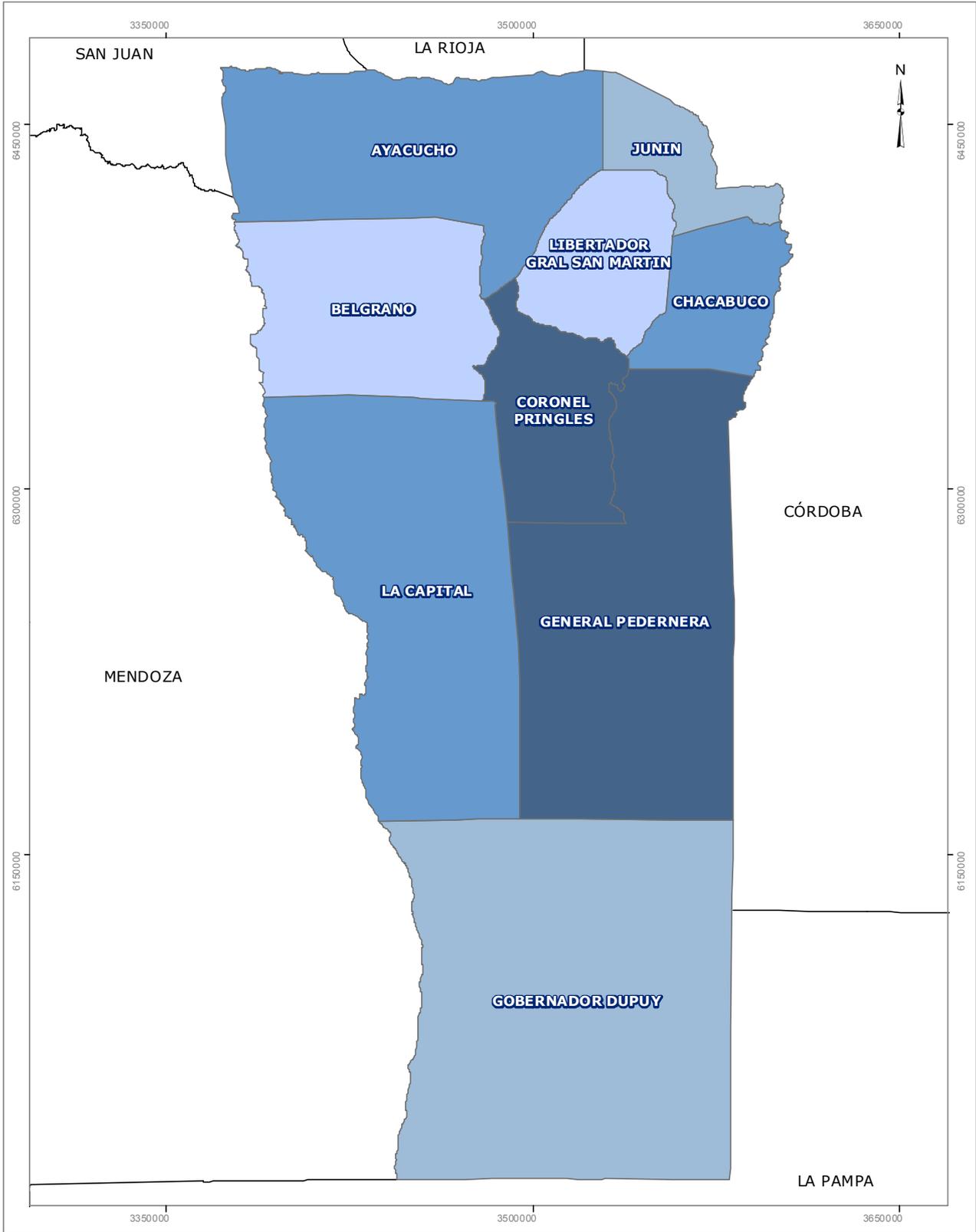
ESC: 1:2.000.000

0 12.5 25 50 Kilómetros

Sistema de referencia POSGAR 94
Coordenadas Gauss-Krüger Faja 3

FUNDACIÓN NATURALEZA PARA EL FUTURO

Provincia de San Luis



10. Huella Hídrica Total por Sectores

Se presentan de modo consolidado los valores de huella hídrica para los tres sectores calculados. Como se aclaró anteriormente, a la hora de sumar las huellas de los cultivos extensivos, los intensivos y la pecuaria, se debe descontar la fracción correspondiente a la alimentación del ganado que ya fue considerada en el cálculo agrícola.

De la correspondiente suma de los tres sectores se obtienen los siguientes valores

Huella Hídrica Total Provincial – Sector Agrícola y Ganadero

La Huella Hídrica Total para la provincia de San Luis es de:

- 6.097,27 millones de m³/año para la verde
- 786,47 millones de m³/año para la azul
- 118,09 millones de m³/año para la gris

En la Figura 10.1 se presenta qué proporción de huella azul y verde corresponde a cada sector:

Nuevamente, se debe tener en cuenta que el sector ganadero está incluyendo parte del agrícola, ya que la huella hídrica del forraje con que se alimenta el ganado está imputada en este sector. Como se advierte, la ganadera consume más agua verde que la agrícola, pero menos azul. Esto es lógico ya que las zonas destinadas a ganadería suelen ser las marginadas por la agricultura, dado que el único aprovechamiento hídrico puede hacerlo el pastizal natural o alguna pastura mejorada.

A continuación se presentan (Figura 10.2) de las huellas verde y azul anual para cada cuenca:

Figura 10.1

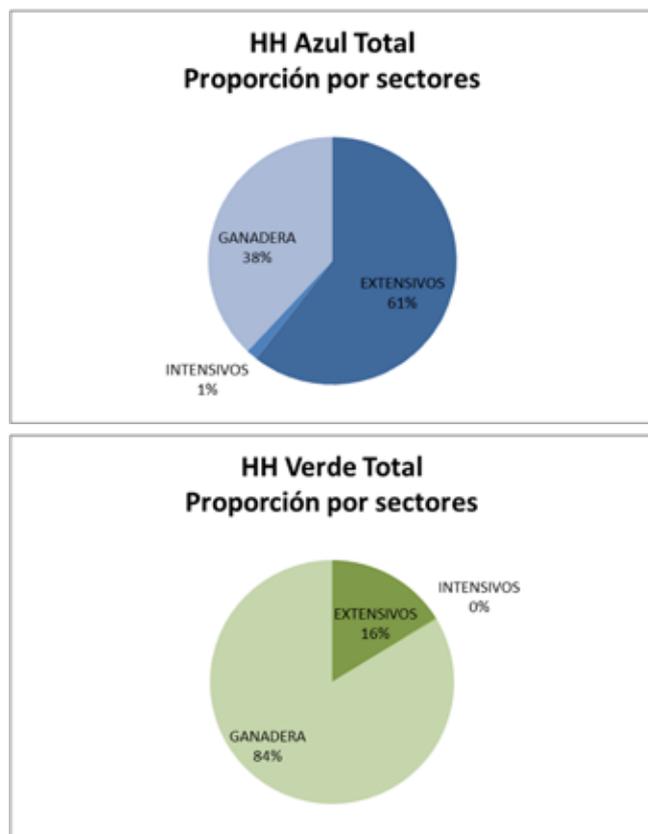
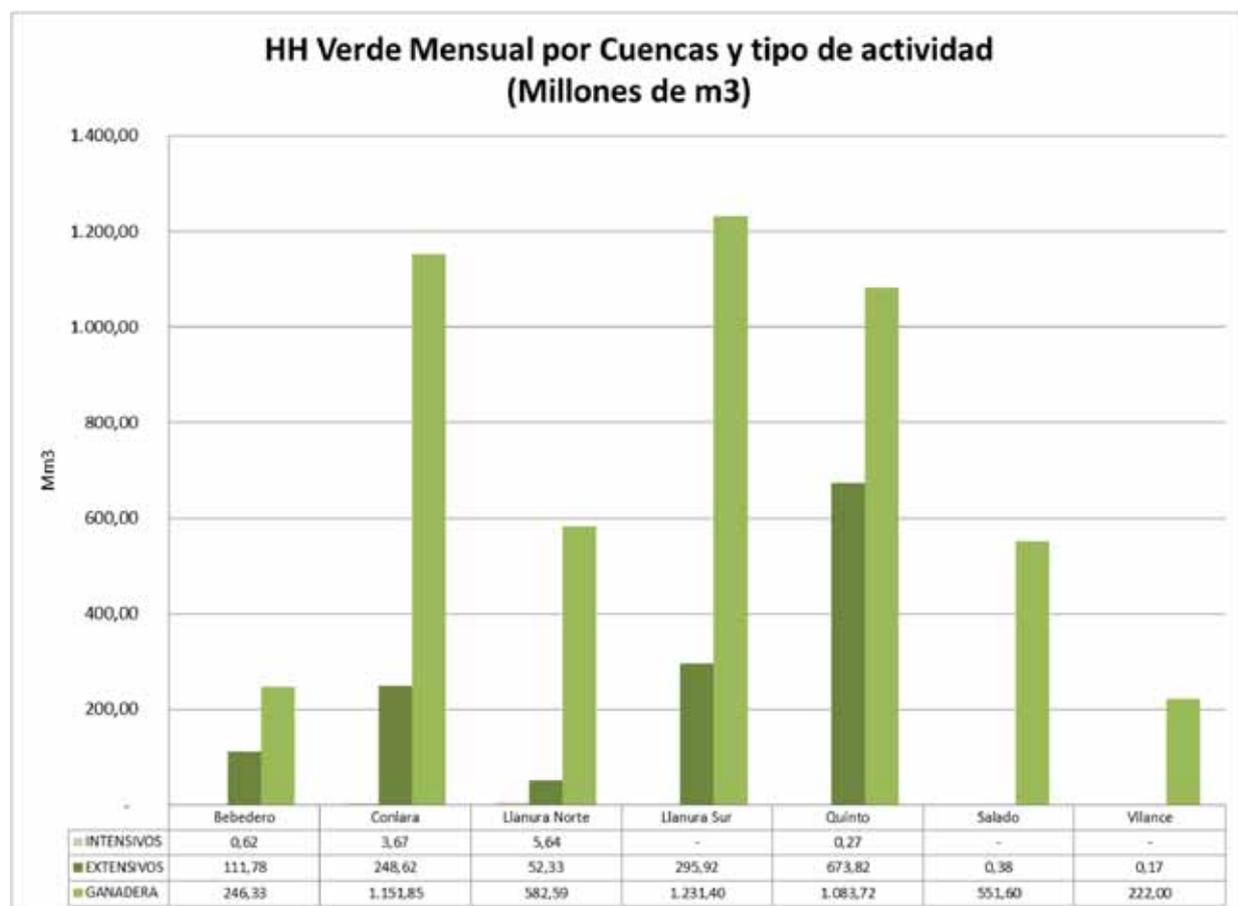
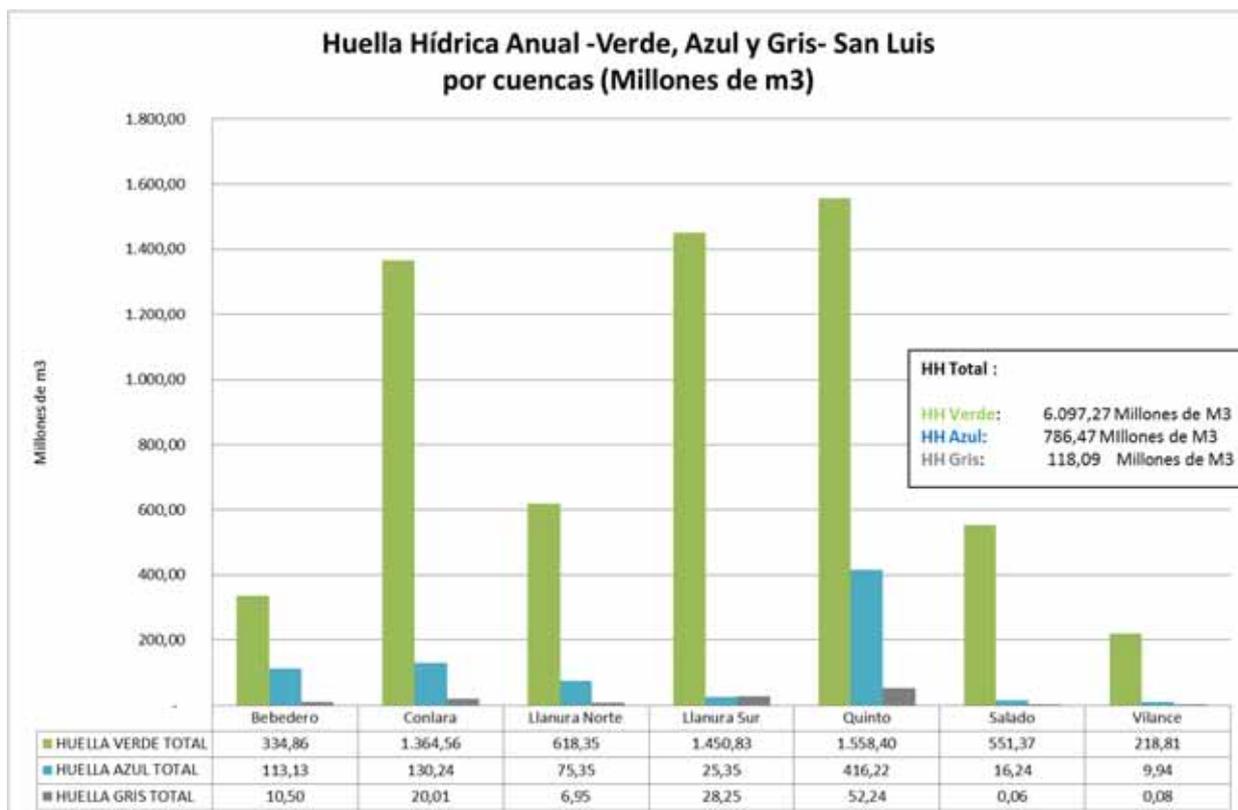
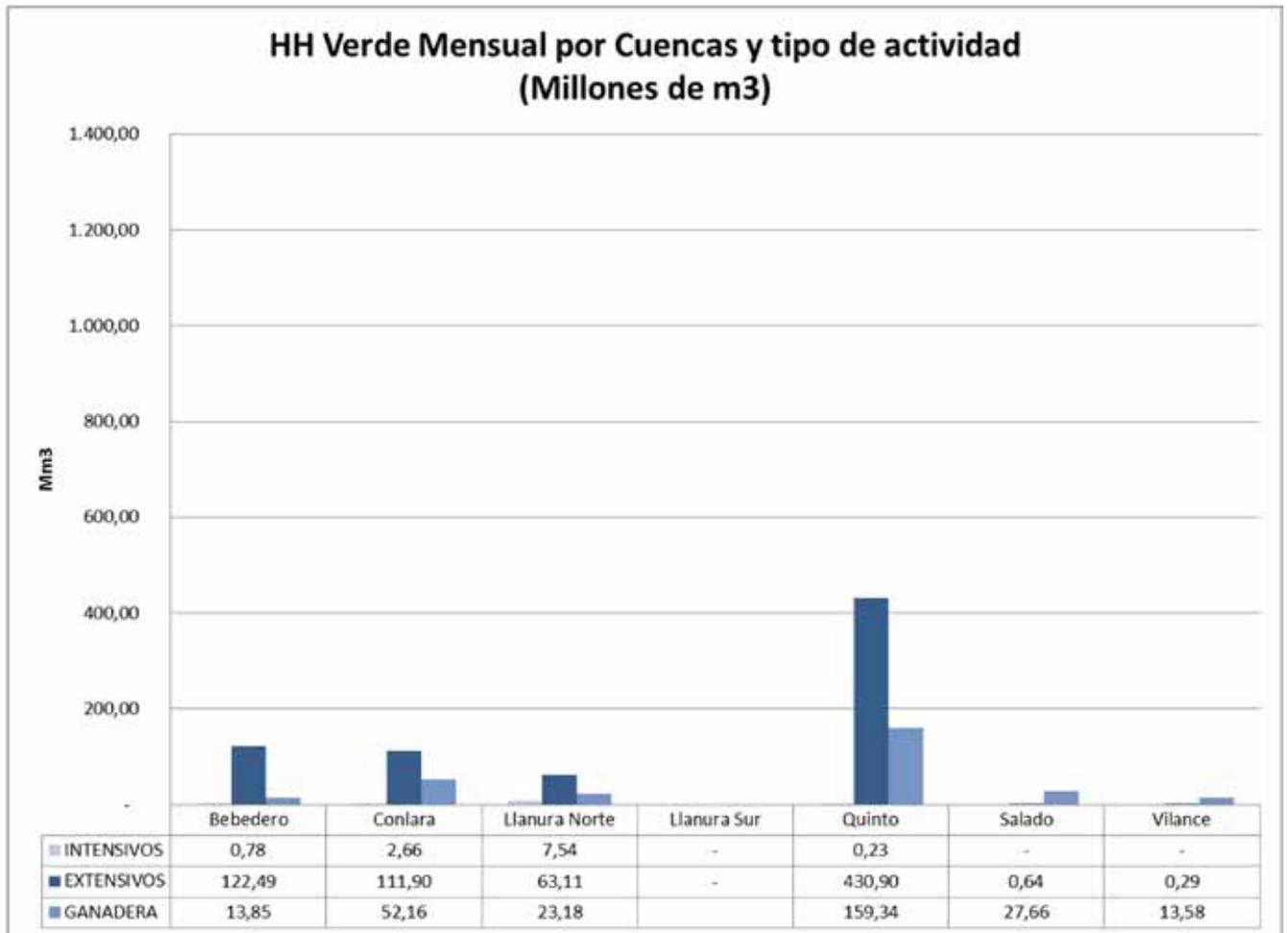


Figura 10.2





Huella Hídrica Total Provincial

En el punto anterior se obtuvieron los valores de huella hídrica Verde, Azul y Gris para la totalidad de los sectores analizados en la provincia de San Luis.

La Huella Hídrica Azul a la que hace referencia el punto anterior, se refiere al agua de riego de los campos de cultivo solamente. Ese análisis no incluye la evaporación del agua de los diques y embalses artificiales de agua superficial construidos para almacenar agua de riego.

El almacenamiento de agua es un proceso que precede al del cultivo en el campo y tienen su propia huella hídrica. Las pérdidas por evaporación en esta etapa del proceso pueden ser importantes y por ello se deben incluir cuando nos interese definir la huella hídrica territorial, como es el caso del presente estudio.

Se procede a analizar la evaporación de los espejos

de agua de los diques y embalses por cuenca, según Hardy y Garrido (2010) (Cuadro 10.1):

En el mismo cuadro se identifica a qué cuenca corresponde cada dique, ello con el fin de adicionar estos valores a la huella hídrica azul, obteniendo para la provincia de San Luis una Huella Hídrica Azul Total de 817,29 millones de m³.

Cuadro 10.1. Evaporación Anual de Agua en Diques según Superficie Espejo de Agua

Dique	Superficie Espejo Agua (Ha)	Volumen Evaporado (Mm ³ / año)	Cuenca
Cruz de Piedra	154	0,42300	Bebedero
Dique Chico	1,6	0,00007	Bebedero
Dique Vulpiani	0,6	0,00002	Quinto
Esteban Agüero	107	0,00400	Quinto
La Florida	701	5,89300	Quinto
La Huertita	430	3,18300	Llanura Norte
Las Palmeras	186	0,74300	Llanura Norte
Luján	27	0,00100	Llanura Norte
Nogolí	170	0,58300	Bebedero
Paso de las Carretas	756	6,44300	Quinto
Piscu Yaco	16,9	0,00075	Conlara
Potreros de Funes	89,6	0,00300	Bebedero
Saladillo	296	1,84300	Quinto
San Felipe	1282	11,70300	Conlara
Villa General Roca	14	0,00070	Vilance
TOTAL	4231,7	30,82345	

Fuente: Hardy y Garrido (2010).

11. FASE III: Evaluación de la Sustentabilidad de la Huella Hídrica

Sobre la base de los resultados obtenidos en la Fase II (cuantificación), se presenta en este apartado el estudio de sustentabilidad hídrica a nivel de cuencas hidrográficas.

El análisis comprende dos aspectos:

1. El cálculo del stress hídrico que se obtiene de comparar la disponibilidad hídrica por cuenca con la Huella Hídrica Azul Total (el agua que se emplea para las actividades productivas). Se obtienen resultados total y por fuente de agua - superficial y subterránea.
2. El cálculo de la sustentabilidad mensual de la cuenca, se registra analizando la variación mensual de la huella hídrica azul mensual en función de la disponibilidad, para identificar cuáles son los meses/períodos más críticos.

Disponibilidad de agua

Para obtener este índice por cuencas, se procede a evaluar la disponibilidad de agua por fuente de suministro.

11.1 Agua Subterránea

Generalidades del Agua Subterránea

Las aguas subterráneas se encuentran en diversos reservorios en gran parte del territorio de la provincia de San Luis, estos resultan sumamente variables en lo que a cantidad y calidad. Esto es de gran importancia debido a la escasez de y estacionalidad de los recursos hídricos superficiales.

La recarga de los mantos acuíferos se producen por las precipitaciones pluviales o por infiltración de los cursos

de agua superficial tanto esfimeros como permanentes. En la Figura 11.1 se presentan las cuencas hidrogeológicas de la provincia de San Luis.

Disponibilidad de Agua Subterránea

Para dar cuenta de la disponibilidad del agua subterránea se considera tanto el flujo de Darcy como el almacenamiento.

Zavalía y Zavalía (2000) estimaron para la provincia de San Luis, el flujo de Darcy⁹ y almacenamiento para cada una de las cuencas de agua subterránea. El flujo de Darcy representa el componente renovable del flujo subterráneo que se recupera a través del ciclo hidrológico bajo condiciones naturales. Si los volúmenes de extracción de agua subterránea superan al flujo de Darcy calculado por año, los volúmenes de almacenamiento de agua subterránea comienzan a agotarse, dando comienzo al agotamiento del recurso. Por otro lado, el almacenamiento es el volumen de agua teóricamente accesible a través de los poros intergranulares del acuífero, el área geométrica de la cuenca y el espesor promedio de los sedimentos saturados. Este es un recurso adicional que podría usarse (además del flujo de Darcy) por poco tiempo, durante períodos de sequía, correspondientes a períodos críticos.

En el Cuadro 11.1 se presentan los valores del flujo de Darcy y almacenamiento por cuenca, correspondiente a agua subterránea de buena calidad (<3000mg/l Sólidos Totales Disueltos).

Cuadro 11.1 Síntesis del Flujo de Darcy y Cálculos de Almacenamiento para Cada Cuenca de Aguas Subterráneas – Provincia de San Luis

Fuente: Zavalía y Zavalía, 2000.

Cuenca	Flujo de Darcy (Hm ³ /año) (para agua <3000mg/l)	Volumen almacenamiento (Hm ³) (para agua <3000mg/l)
Vilance E	109,50	10.740
Vilance O	14,01	10.772
Bebedero E	166,44	21.186
Bebedero O	4,82	5.673
Llanura N	137,31	79.520
Conlara	328,50	54.408
Río Quinto	126,14	112.002
Llanura S	6,29	245.916
Desaguadero	~0	~0
Salado	,89	36.206
Total en la Provincia	893,92	576.422

9- El flujo de Darcy, es el flujo de agua subterránea que cubre la sección subsuperficial en forma perpendicular hasta alcanzar las corrientes subterráneas.

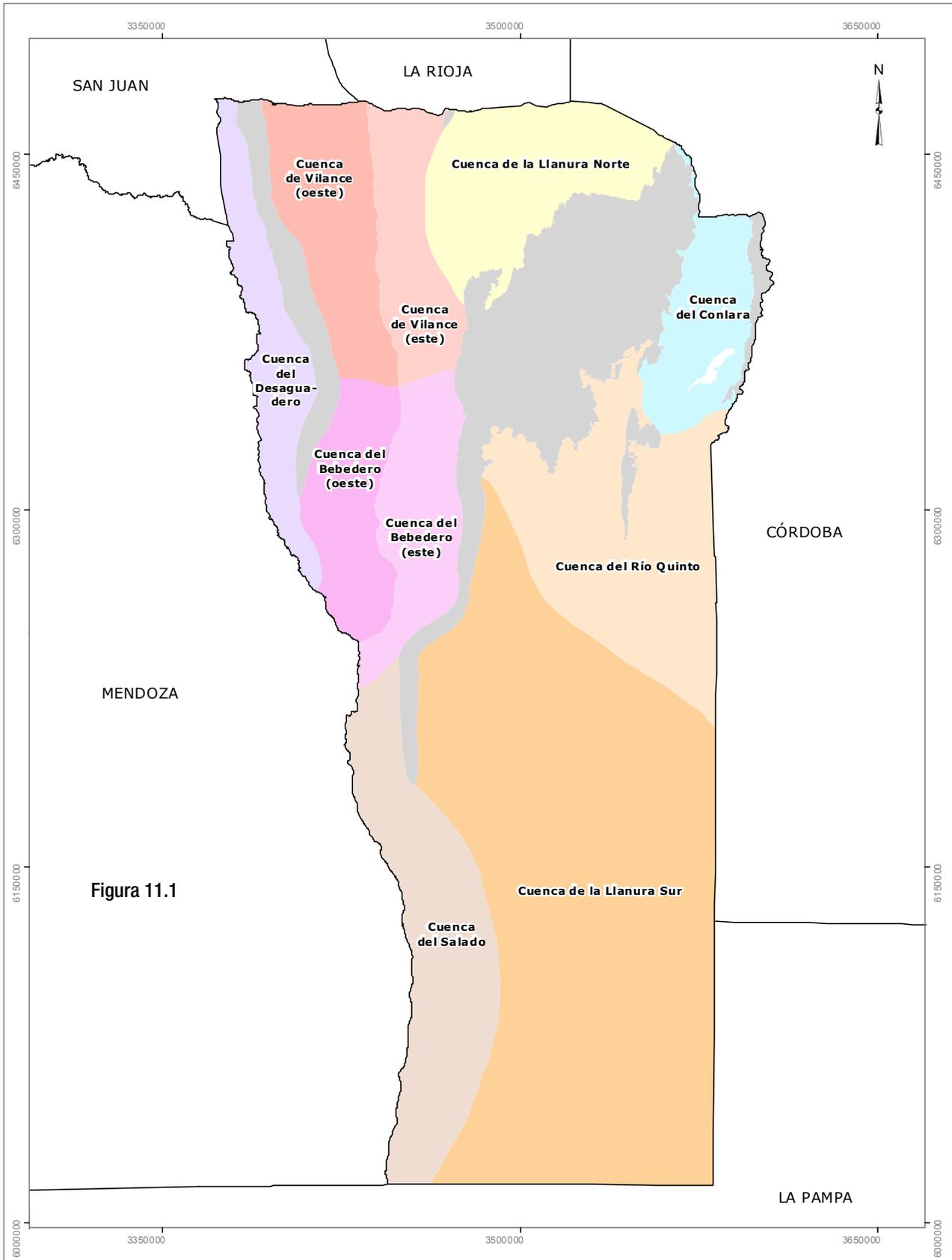


Figura 11.1

Cuencas Subterráneas - Provincia de San Luis

0 12,5 25 50 Kilómetros

ESC: 1:2.000.000

Sistema de referencia POSGAR 94
Coordenadas Gauss-Krüger Faja 3



Provincia de San Luis

Al comparar ambas columnas se concluye que el volumen de agua subterránea de buena calidad es de 100 a 1.000 veces mayor que el flujo de Darcy, por lo que sería tentador explotar este recurso. Sin embargo, el uso de estas aguas subterráneas no es sostenible a largo plazo (Zavalía y Zavalía, 2000).

Por lo tanto, para evaluar el máximo disponible de agua subterránea en la provincia en condiciones sustentables, se considera en este estudio el flujo de Darcy de cada cuenca.

Cuenca del Río Quinto

Esta cuenca limita al norte con la cuenca del Valle del Conlara; al noroeste con la llanura norte; al oeste por la línea de las altas cumbres de la Sierra de San Luis, y al sur se confunde con la denominada Llanura del Sur *. Al igual que la mayoría de los acuíferos de la provincia, la recarga de esta cuenca es indirecta a partir de ciertos tramos de los ríos que la recorren (principalmente el río Quinto), por flujo subterráneo de cuencas vecinas, por retorno del agua de zonas bajo riego y por pérdidas de los canales de riego. Según estimaciones realizadas por Zuvilia y Zuvilia la disponibilidad de agua subterránea equivale a 126 hm³/año.

La descarga se produce por flujo subterráneo hacia fuera de la provincia por el extremo sureste y a través de la descarga al río Quinto.

Cabe destacar que en la zona de descarga del río Quinto éste actúa como efluente por evapotranspiración debido a que el agua es somera y artificialmente extraída por perforación.

Si bien no se cuenta con datos volumétricos precisos, el uso del agua subterránea es múltiple ya que se proveen de ella para suministro de agua potable, aprovechamiento industrial, agrícola y ganadero. En términos de calidad, los valores totales de sólidos aumentan en sentido del flujo desde las zonas de recarga hacia las zonas de descarga, a excepción de un sector ubicado al sur de la sierra de San Luis.

Para uso ganadero en general el agua es excelente, desmejorando al sur de las sierras de San Luis y al norte y este de Villa Mercedes.

Las zonas de menor salinidad se ubican al sur de la Sierra del Morro, al oeste de la Sierra de Yuito y sur de Juan Llerena extendiéndose hacia el sudoeste hasta las inmediaciones del río, y en un amplio sector al sudoeste de la cuenca. (Zavalía y Zavalía, 2000).

Cuenca del Conlara

El Valle del Conlara cubre una superficie de 8.800 km², en territorio puntano ocupa solo 5.800 Km² es decir, el 66% del área total.

Se encuentra limitado al Este por la Sierra de Los Comechingones, al Sur por la Sierra del Morro, al Oeste por la Sierra de San Luis y al Norte por la Sierra de Pocho. (Bucich, et.al, 1981)

La recarga se lleva a cabo en forma indirecta a través de los lechos de los ríos, arroyos y bajos morfológicos inundados. La recarga directa se produce en menor medida, sólo en ocasión de las esporádicas lluvias intensas sobre la zona, en especial en el sector medio de la cuenca. Además a la izquierda del río Conlara se produce un aporte subterráneo desde la sierra de San Luis a través del subálveo del río Las Cañas.

En esta cuenca, el agua subterránea es aprovechada por medio de perforaciones tanto para riego, ganado como para abastecimiento humano.

La profundidad del nivel de agua en las proximidades de los arroyos y bajos es menor que en zonas adyacentes a montañas y entre los arroyos. Adelante de las barreras de las sierras de Tilisarao y de La Estanzuela es menor de 5 m.*

Estudios publicados en 1981 por investigadores de la Universidad de Buenos Aires revelan que en el Valle del Conlara, en la zona identificada como Santa Rosa - Concarán, el agua subterránea se encuentra a escasa profundidad. Teniendo en cuenta que debe mantenerse el caudal base del río Concarán, se enfatiza la consideración de que el caudal máximo de extracción no debe superar los 5,9 hm³/año a una franja que se extiende hasta los 20 km de las márgenes del mencionado río. Por su parte Zavalía y Zavalía, señalan que el volumen disponible de agua subterránea correspondiente a esta área es de 328,50 hm³/año.

En cuanto a la calidad de las aguas subterráneas en la cuenca del Conlara, el mismo informe indica que la zona adyacente a la Sierra de Comechingones es la que presenta la mejor calidad de agua para riego, desmejorando hacia el Oeste y Sudoeste, en la dirección del flujo de agua subterráneo. También es ésta la zona con agua de mejor calidad para consumo humano, con pocas excepciones, con algunas concentraciones de fluoruro elevadas. En cuanto a la calidad para ganadería, en general el agua es de aptitud excelente a buena.

* Fuente: www.mineria.gov.ar

Cuenca de Llanura Norte

Delimitada por afloramientos de rocas que componen a la Sierra de San Luis al sector sur y al este; al oeste con la Cuenca de Pampa de Las Salinas y al norte con los llanos del sur de La Rioja y oeste de Córdoba.

Presenta flujo de agua subterránea de sur a norte, con aporte lateral de dirección oeste a este, hallándose a una profundidad que va desde los -20 m al centro-este y a los -80 m al oeste. Se estima un caudal aprovechable de 137,31 hm³/año.

Al igual que las cuencas de Conlara, Bebedero Este y río Quinto, Llanura Norte tiene importantes volúmenes de flujo de aguas subterráneas así como también considerables cantidades de agua de recarga de las sierras.

En esta cuenca la recarga de agua se produce a partir de la infiltración desde los cauces de los ríos Talita, Quines, Luján y San Francisco que son los que provienen del extremo septentrional de la Sierra de San Luis, una parte de los derrames finales del río Conlara y de la lluvia que precipita sobre el territorio. Otro aporte importante está dado por la descarga subterránea directa desde la cuenca de Conlara; mientras que la descarga la realiza en salinas de agua subterránea.

Debido a que existe una vinculación con el río Conlara, el excesivo bombeo puede resultar en descenso del flujo del mismo así como también afectar a la provincia de Córdoba.

Cuenca de Vilance

Con una superficie aproximada de 8.197 km² puede subdividirse en términos de agua subterránea considerando el basamento, la profundidad y las divisorias de aguas subterráneas en Vilance Oeste y Vilance Este. Una densa red de cauces efímeros se desprende de las serranías confluyendo en la Cañada de Vilance comportándose como influentes. El flujo subterráneo tiene dirección sur - norte, hacia la Pampa de Las Salinas. En lo que respecta a la disponibilidad de agua subterránea la Cuenca del Vilance presenta gran disponibilidad siendo la correspondiente a Vilance E de 109 hm³/año y la de Vilance Oeste de 14 hm³/año.

Si estos valores se los contrastan con la utilización del recurso subterráneo y con la gran inversión en obras de conducción de agua hacia este sector de la provincia, se evidencia que hay otros factores como la profun-

dididad de la explotación, o la calidad del suelo que no permiten que en la actualidad estos recursos sean explotados.

En la cuenca de Vilance, el agua con buena aptitud para riego y consumo humano se ubican al sudeste de la cuenca, próximo a la ladera occidental de la Sierra de San Luis (zona de recarga), y en la parte central de la cuenca, desde Villa General Roca hacia el norte. Al noroeste, norte y oeste de esta zona, la calidad para riego desmejora. Con respecto al uso ganadero, en general la calidad es satisfactoria.

Cuenca del Bebedero

Presenta curvas que determinan flujos concéntricos hacia la parte baja y la Salina del Bebedero. Los mayores gradientes se ubican en los afloramientos al noroeste y al este, norte y oeste sobre el piedemonte de la Sierra de San Luis, el umbral que define la divisoria de aguas con la cuenca Villance.

Al centro de la cuenca con dirección norte-sur se observan gradientes suaves con flujo hacia la Salina del Bebedero.

La red hídrica ha construido sobre el faldeo de las serranías extensos depósitos aluvionales que cubren los afloramientos rocosos y con granulometría decreciente. A estos materiales se suman cuerpos de médanos aislados y terrenos finos que tapizan la parte más baja de la depresión, provenientes del material en suspensión en lagunas temporarias.

La cuenca se descarga en forma natural en la Playa Salina donde se observan los llamados "Volcanes" que se originan por la presión de surgencia del agua subterránea a la superficie.

La cuenca del Bebedero tiene una disponibilidad hídrica subterránea de 171 hm³/año y su aprovechamiento es destinado a distintos usos.

En la cuenca, la zona con agua de mejor calidad para riego y apta para el consumo humano se localiza al noreste de las Salinas del Bebedero, extendiéndose en dirección sudeste hasta el límite con la cuenca Llanura Sur. También aparecen dos pequeños sectores, uno al norte y otro al centro-oeste de la cuenca, en donde la salinidad total es menor a 2.000 mg/l. **Para consumo ganadero, en general el agua es buena, con zonas de aptitud excelente, excepto en el sector ubicado al oeste de las Salinas del Bebedero.**

Cuenca del Desaguadero-Salado

Se ubica en el extremo oeste de la Provincia presenta escaso caudal y mala calidad de sus aguas, por lo que no se ha profundizado en estudios que exploren esos mantos acuíferos.

La acumulación de agua en el subsuelo está supeditada a la infiltración desde los cursos hídricos en la zona pedemontana septentrional y desde los médanos en la austral; ésta proviene de las lluvias estivales y también de los aportes hídricos desde el río Desaguadero-Salado. La descarga natural de la cuenca de agua subterránea, se produce en la zona baja del cauce principal. Al analizar la disponibilidad de agua subterránea se observa que hacia el norte (cuenca del Desaguadero) no se cuenta con agua disponible de acuerdo al flujo de Darcy y hacia el sur (cuenca del Río Salado), el agua disponible es de $0,89 \text{ hm}^3/\text{año}$.

En cuanto a la calidad del agua en el sector correspondiente al Desaguadero son aguas de mala calidad.

Por su parte el área correspondiente al Salado son de buena calidad aquellas ubicadas al sur de Colonia Calzada, y están asociadas a la presencia de importantes médanos que reciben una recarga directa de agua de lluvia.

El boro por lo general se encuentra en concentraciones elevadas y junto a la salinidad son los parámetros que limitan el uso de estas aguas con fines agrícolas. Para consumo ganadero, con excepción de la zona norte de la cuenca donde el agua es inapropiada para este fin, es de aptitud buena; mientras que las posibilidades de aprovechamiento para consumo humano son escasas. (Zavalía y Zavalía, 2000)

Cuenca de Llanura Sur

Es una amplia faja de terreno donde el escurrimiento fluvial es mínimo, se observan pequeñas cuencas cerradas situadas en las márgenes de los cuerpos medanosos y lacustres principales.

El relleno sedimentario asignado al cuaternario está compuesto en superficie por mantos de terrenos aluviales en la faja pedemontana del noroeste y sudeste y por extensos mantos de arena y loess de origen eólico; éstos últimos cubren a materiales de planicies aluviales y abanicos distales antiguos. Se completa el cuadro con terrenos finos situados en los bajos intermédanos. El espesor del relleno, definido por los registros geoelectrónicos realizados y las perforaciones existentes,

varía entre 5m y 250m.(Zavalía y Zavalía, 2000). Esto facilita la acumulación del agua proveniente de efímeros cursos de agua y en especial la infiltración directa a través del agua de lluvia sobre los cuerpos medanosos. En cuanto a los niveles en general ascienden de oeste a este, los máximos se localizan al noroeste, con valores del orden de los -70m al sur y los -140m al norte.

En la cuenca Llanura Sur, se encuentran extensas zonas con aguas subterráneas de buena calidad donde la lluvia se infiltra rápidamente a través de las arenas medanosas y donde el uso de la tierra para pasturas y cultivos ha incrementado la recarga por agua de lluvia al sistema de aguas subterráneas a través del desmonte de vegetación nativa. El agua subterránea disponible en la cuenca es escasa y está estimada en $6,9 \text{ hm}^3/\text{año}$. En lo que respecta a la calidad del agua subterránea en la parte central de la cuenca la salinidad es baja debido a un importante aporte de agua de lluvia lo que permite que la salinidad total se mantenga por debajo de los 1000 mg/l . Hacia el este y fundamentalmente hacia el sur de esta zona (según la dirección del flujo subterráneo) se detecta una heterogeneidad muy acentuada en la salinidad del agua, destacándose una pequeña zona (al sur de la cuenca) con agua de salinidad inferior a 1.000 mg/l y asociada a la presencia de importantes médanos que reciben una recarga directa de agua de lluvia.

Al oeste de la zona de baja salinidad y a la altura de la Sierra de Varela, se observa un sector de elevada salinidad del agua. Son escasos los sectores donde el agua puede ser aprovechada para uso agrícola. **Para consumo ganadero en general el agua es de aptitud excelente en gran parte de esta cuenca, con excepción de los sectores noroeste y sudeste.** Es importante señalar que si bien el agua se presenta con buenas aptitudes para consumo ganadero, los niveles de ciertas sustancias tóxicas (fundamentalmente fluoruro, arsénico y boro) alcanzan valores que pueden resultar perjudiciales para el ganado.

Agua Superficial

Generalidades del Agua Superficial¹⁰

En líneas generales se concluye que la disponibilidad natural (por cantidad) de agua superficial para la provincia es sumamente escasa, tratándose en su mayoría de ríos efímeros que en su recorrido se infiltran/evaporan. A continuación se describen las generalidades de cada una de las cuencas superficiales.

Cuenca del Río Quinto

Está ubicada en la parte central - este de la provincia, al sureste de las Sierras de San Luis. Recibe el nombre de su curso principal -el río Quinto-, cuya naciente es la confluencia de los ríos Grande (que proviene del norte) y Trapiche (desde el oeste), los que se juntan poco antes de llegar a La Florida. Continúa su recorrido con dirección N-SE desaguando en la región limítrofe de Córdoba y La Pampa. Entre sus afluentes principales se encuentran los ríos Rosario y de la Cañada Honda. El río Quinto es uno de los principales cursos de agua que presenta la provincia. La calidad de las aguas de esta cuenca, según la Secretaría de Minería de la Nación, poseen valores por debajo de los Niveles Guía de la Normativa Complementaria para Bebida Humana e Irrigación. Es utilizado para diversos usos (consumo humano, riego, industrial y ganadero), generando que sus excedentes hídricos sean cada vez menores; sin embargo en épocas de excepcionales precipitaciones, produce importantes inundaciones aguas abajo. El agua proveniente de este sistema de drenaje se almacena en diques y embalses. A continuación se detallan los más relevantes:

Dique La Florida: posee una capacidad de embalse de 105 hm³ y recibe agua de los ríos Grande y Trapiche regulando sus caudales. Abastece con un caudal de 0,8 m³/seg a la ciudad de San Luis por medio del acueducto La Florida - Cruz de Piedra, que lleva las aguas del río Quinto al embalse Cruz de Piedra. Otro aprovechamiento del recurso hídrico superficial relacionado a este embalse, es la producción de energía eléctrica para la ciudad de San Luis y alrededores a través de una línea de 40 Km. con tensión de 33 Kv.

Dique Saladillo: se encuentra al sur del dique La Florida, sobre la margen del río Quinto. Sus aguas son utilizadas para el riego y consumo humano de la localidad

homónima, siendo embalsadas y conducidas mediante canales y tuberías proveyendo 100 l/seg, para bebida y riego. Recientemente inaugurado, su capacidad de embalse es de 40,6 hm³.

Dique Paso de Las Carretas: se encuentra al sur del dique Saladillo, a partir de éste el río Quinto entra en una llanura. Con una capacidad de embalse de 75 hm³ el dique Paso de Las Carretas provee de agua a las cuencas de Bebedero, Desaguadero - Salado, Quinto y Llanura Sur (por medio del acueducto del Oeste).

Dique Esteban Agüero: con una capacidad de embalse de 18 hm³ abastece a la región NO de la cuenca a la que pertenece. Actualmente destinado a uso humano, riego y ganadero.

Azud Nivelador Trapiche: ubicada sobre el río homónimo, afluente del Quinto; esta obra fue realizada para brindar agua de riego y bebida a la población de la localidad con una capacidad de desviación de 300 l/seg.

En la cuenca, además de los diques, se encuentran obras menores de desviación de cursos superficiales como es el caso del Arroyo Las Águilas o La Toma sobre el río Rosario. La obra de desviación del A° Las Águilas se encuentra sobre el curso del río Trapiche. Su objeto fue aumentar los aportes al embalse Potrero de Los Funes, que alimenta la ciudad de San Luis, conjuntamente con el de Cruz de Piedra. Respecto a La Toma que utiliza las aguas del río Rosario, asegurando el abastecimiento de agua para consumo humano y riego a la localidad homónima. Presenta una capacidad de 3.000 l/seg.

Los canales en la provincia, on un recurso importante a la hora de desarrollar la agricultura, así como los canales de Villa Mercedes que representan una capacidad de transporte de 10.000 l/seg.

Cuenca del Conlara

Está definida por las Sierras de Comechingones al este y las Sierras de San Luis al oeste.

La cuenca recibe el nombre de su curso principal, el río Conlara, naciendo de la confluencia de los ríos Lululara y Chutansa y alimentado por ríos provenientes de las Sierras de San Luis, así como también por aguas

10- Elaboración propia sobre la base de Zavallia y Zavallia, 2000. Bucich, 1981.

subterráneas provenientes del lado este del Valle del Conlara.

A partir de la Localidad de Paso Grande, el río describe un arco que bordea las Sierras del Rosario, atravesando posteriormente la Sierrita de San Felipe, donde tuerce su curso hacia el Norte. A partir de allí ingresa en la llanura pasando por las localidades de Renca, Tilisarao, San Pablo, Concarán, Ojo del Río, Santa Rosa, Tilquicho y Las Lomitas, donde tuerce su rumbo al Oeste para infiltrarse en los bañados de Las Cañadas, al sur de Los Cajones recargando el sistema de aguas subterráneas.

En esta cuenca se destaca el Dique San Felipe, que posee una capacidad de embalse de 81 hm³, que permite la regulación de los derrames de la cuenca superior y favorece el riego aguas abajo.

Además del mencionado dique, en la cuenca se encuentran otros menores y derivadores que facilitan la distribución del agua en la cuenca, entre ellos se destacan los diques asociados a los consorcios del sistema de canales Renca – Santa Rosa.

Dique Derivador de Renca: es el origen de la red de canales, que distribuye las aguas embalsadas en San Felipe, con capacidad para derivar hacia los distritos comprendidos desde Tilisarao hasta Santa Rosa.

Dique de Santa Rosa: utilizado para riego con una capacidad para derivar hasta 4.000 l/seg, este dique deriva las aguas provenientes principalmente del A° Claro y otras vertientes debajo de Concarán.

En esta cuenca, según lo expuesto en artículos publicados por la Secretaría de Minería de la Nación se distinguen 15 tomas libres distribuidas a lo largo del río que individualmente tiene poca importancia, pero que en conjunto suman 215 l/seg permitiendo regar una importante superficie, alimentadas casi exclusivamente con aguas de origen subterráneo.

El **acueducto Balcarce** representa una fuente de abastecimiento importante en la actividad agropecuaria de la cuenca. Esta obra capta el agua del río San Miguel, de un caudal aproximado de 23 l/seg. De igual modo el río Papagayos abastece al acueducto homónimo el cual provee a la región un caudal aproximado de 10 l/seg.

Cuenca de Llanura Norte

Está ubicada al norte de la Sierras de San Luis y se extiende dentro de la provincia de La Rioja (mapa cuencas). Si bien esta cuenca carece de un curso superficial principal, presenta tres corrientes separadas que fluyen desde las Sierras de San Luis. Cada una de estas corrientes – el río Quines, río San Francisco y río Luján – fluyen al norte sobre las planicies y se disipan en los sedimentos del cuaternario.

El río Luján está formado por la unión del San Lorenzo y Las Palmitas. Corre de sur a norte y luego de pasar al nacimiento de la población de Luján se pierde en los bañados de Quines.

Durante la época del verano, el río Quines presenta caudales importantes que se pierden por infiltración y causan todos los años cuantiosos daños a caminos, canales y zonas bajo riego.

Con el objetivo de optimizar el aprovechamiento del agua de estos cursos de agua, los embalses Luján y La Huertita almacenan el agua y proveen agua superficial para el riego.

En esta cuenca ambos tipos de agua, superficial y subterránea, se usan para el riego en el corredor Quines - Candelaria.

El dique La Huertita, que se encuentra a más de 15 km. de distancia de la productiva zona de Quines – Candelaria, funciona como reserva de agua para el área. Sus aguas son destinadas fundamentalmente a la ganadería y al riego, con una superficie de irrigación que alcanza las 4.500 ha. A su vez promueve el turismo y la recreación y presenta óptimas condiciones para la actividad pesquera y para la práctica de deportes acuáticos.

Sobre el río Luján se encuentra el dique Luján el cual, con una capacidad de embalse de 4,92 hm³, provee de agua a la cuenca Llanura Norte y a la cuenca del Vilanco por medio del acueducto Luján. Si bien este dique fue construido con el fin de abastecer de agua para consumo a la población en la actualidad, se lo utiliza también para ganadería y riego.

Además del sistema de canales presentes en el corredor Quines - Candelaria, se encuentran otros como Luján cercanos al dique homónimo. El sistema de canales Alem, Las Talitas con una dotación de 500 l/seg. y San Francisco, aportan al dique Las Palmeras, actualmente en proceso de llenado

Cuenca de Vilance

Es una cuenca de drenaje interno ubicada en el noroeste de la provincia, al este de las Sierras de Las Quijadas y Guayaguas (mapa cuencas). Está limitada al este por las Sierras de San Luis y la cuenca de Llanura Norte.

Una red de corrientes efímeras fluye hacia el norte, en dirección a las Pampas de las Salinas, que es una zona de descarga de aguas subterráneas.

Entre los cursos de agua se destacan los ríos Amieva y Socoscora.

El río Amieva nace al oeste del Cerro La Carolina, luego se tuerce hacia el noroeste y, continúa hacia el este de Villa General Roca.

El río Socoscora nace al norte de la Pampa de Gasparillo y luego de un recorrido de sur a norte se tuerce hacia el oeste para perderse cerca de la localidad de Socoscora.

El embalse Villa General Roca está situado sobre el río de Bajo Retamo al sureste de la cuenca y provee agua a ésta.

Esta cuenca cuenta con tomas desde los ríos Amieva y Socoscora, no obstante importa agua de diques vecinos como el Luján (cuenca Llanura Norte) y Nogolí (cuenca del Bebedero).

Cuenca del Bebedero

Situada en el centro - oeste de la provincia al sudoeste de las Sierras de San Luis es de características endorreicas, (mapa cuenca), es la zona de descarga de aguas subterráneas de las Salinas del Bebedero. Una serie de corrientes efímeras, las más notables el río Nogolí y el río San Gerónimo, fluye hacia el sur hacia Salinas del Bebedero. El dique Potrero de Los Funes y el Dique Cruz de Piedra situados en los tributarios del río Chorrillo, son importantes fuentes de agua para la ciudad de San Luis.

El dique Nogolí es un depósito de nacientes sobre el río del mismo nombre. Con una capacidad de embalse de 21,97 hm³, las aguas allí embalsadas son conducidas a través del acueducto homónimo hacia la cuenca de origen y hacia las cuencas vecinas de Vilance y Desaguadero-Salado.

El dique Potrero de los Funes ubicado sobre el cauce del río Las Chacras posee una capacidad de almacena-

miento de 6,8 hm³, proveyendo únicamente a la cuenca donde se emplaza. Su finalidad es la prestación de riego, generación de energía y provisión de agua para uso humano.

El Embalse Cruz de Piedra tiene una capacidad de 12,5 hm³. Reúne las aguas de los ríos Volcán y Los Puquios y el Arroyo El Gato, los cuales confluyen en el Embalse. También es alimentado por los aportes trasvasados del río Quinto por medio del acueducto La Florida - Cruz de Piedra.

Cuenca del Desaguadero - Salado

Ubicada a todo lo largo de la frontera oeste de la provincia, es la única cuenca que forma parte de un sistema cuyo drenaje se vuelca al mar. Su caudal es alimentado por el derrame hídrico proveniente de la Cordillera de Los Andes y Precordillera. El colector principal posee (a lo largo de su trayecto) distintas denominaciones (río Vinchina en La Rioja; Bermejo en San Juan; Desaguadero y Salado en el límite de Mendoza y San Luis y Chadileuvú con el que finaliza sobre la margen izquierda del río Colorado).

El riego en esta zona está extremadamente limitado por la alta salinidad de las aguas subterráneas y superficiales. Es por ello que el agua dulce con aptitud para la producción agropecuaria viene dada por los acueductos Nogolí hacia el norte - cuya fuente de abastecimiento pertenece a la cuenca del Bebedero- y Del Oeste hacia el sur (cuya fuente de abastecimiento pertenece a la cuenca del río Quinto).

Cuenca de Llanura Sur

Ubicada al SE de la provincia, su drenaje está mayormente ausente, debido al bajo relieve y a los sedimentos altamente permeables del cuaternario. Las características de agua superficial dominantes de esta cuenca son las lagunas, que se encuentran dispersas al NE de la cuenca. La irrigación proveniente tanto del agua superficial como subterránea, es limitada. En esta cuenca el agua es provista a través del acueducto Del Oeste en el sector NE, importando agua desde la cuenca del río Quinto.

Disponibilidad de Agua Superficial

Antes de comenzar con el análisis de esta sección es importante aclarar que a diferencia de lo que ocurre con el agua subterránea, en lo que a agua superficial se refiere, cuando se habla de “disponibilidad”, se considera solamente en relación a la cantidad, es decir que no se contempla la calidad.

En la provincia de San Luis, tanto la escasez como la vulnerabilidad del recurso hídrico son particularmente notables. La disponibilidad natural de agua en la provincia depende exclusivamente de las precipitaciones. El mapa de isohietas permite constatar a su vez que las mayores precipitaciones están localizadas en las sierras centrales de San Luis y en la de los Comechingones. Las lluvias en época estival son del tipo torrenciales, lo que no da tiempo a que se produzca la recarga de los acuíferos y afectando la continuidad y cantidad de los caudales, lo que vuelve muy dificultosa la toma de agua y su aprovechamiento en general. Sumado a ello, las crecientes veraniegas llegan hasta el pie de la sierra donde se originan y se infiltran y en otros casos recorren grandes distancias hasta salir de la provincia. Con todas estas particularidades, la provincia se abastece exclusivamente de agua de lluvia, es decir que la **disponibilidad del agua por cantidad está limitada por la precipitación pluvial.**

Tal como se plantea en el Plan Maestro de Agua 2010-2025¹¹, elaborado por la misma provincia, el desafío radica en que la disponibilidad de agua supere, dentro de lo posible, los límites iniciales de la dotación. La respuesta a ese desafío es que la dotación escasa y vulnerable del vital recurso pueda transformarse en una disponibilidad más estable, más segura, más previsible y más extensa. Esa labor debe realizarse sobre la base del recurso existente, que es la precipitación pluvial que, como se comentara, se da durante el verano en forma de excedente a través de las crecidas. La disponibilidad hídrica y por lo tanto el potencial de desarrollo de la provincia de San Luis puede elevarse por medio entonces de la **captación y almacenamiento** de ese excedente y su posterior **distribución y su uso eficiente.**

Es por ello que San Luis ha diseñado una infraestructura de diques, embalses, acueductos y canales que almacenan y transportan agua, existiendo en la mayoría de los casos trasvases de cuenca que

convierte a las mismas en receptoras y/o dadoras de agua.

Para evaluar la disponibilidad hídrica por cuencas en la provincia de San Luis, se toma como premisa que los embalses responden a una única regulación posible (no a una mejor regulación). Esta situación tiende a que la oferta de agua sea constante a lo largo del año. Por lo tanto, dado que el agua se embalsa, los reservorios siempre se consideran llenos, es decir se los toma como las fuentes de aprovisionamiento constantes, sin contemplar la variación natural de las precipitaciones.

Por otro lado, cabe aclarar que no se considera el caudal ecológico (80/20: 80 destinado para mantenimiento de los ecosistemas y 20 el disponible para todos los demás usos: riego, humano, producción, industrial), propuesto por la WFN porque esa relación está prevista para ríos no regulados y porque de no almacenarse el agua en San Luis, ésta se evaporaría o se infiltraría sin recargar acuíferos.

Habiendo realizado las aclaraciones necesarias, se comentan a continuación los procedimientos que se realizaron para estimar la cantidad de agua disponible por cuencas.

Agua Disponible por Acueducto: Para conocer la disponibilidad de agua superficial por cuenca se tomó como base la dotación de agua en cada acueducto. Para ello se realizaron los siguientes pasos consecutivos:

1. Identificación de la fuente de captación (dique, embalse o río);
2. Estimación de la superficie total asignada a cada acueducto¹²;
3. Discriminación de la superficie calculada en el punto 2 según cuenca (cuando existe trasvase de cuencas);
4. Cálculo de la proporción de la superficie por cuenca (calculada en el punto 3), en relación a la superficie total (obtenida en el punto 2);
5. Estableciendo un coeficiente que llamaremos “coeficiente de trasvase”;
6. Aplicación del “coeficiente de trasvase” al caudal máximo de dotación del acueducto;
7. Obtención de la dotación de agua en millones de m³ por acueducto (y por cuenca cuando corresponda -trasvase-);
8. Obtención del agua disponible por acueducto (y por cuenca cuando corresponda -trasvase-) en millones de m³ o hm³.

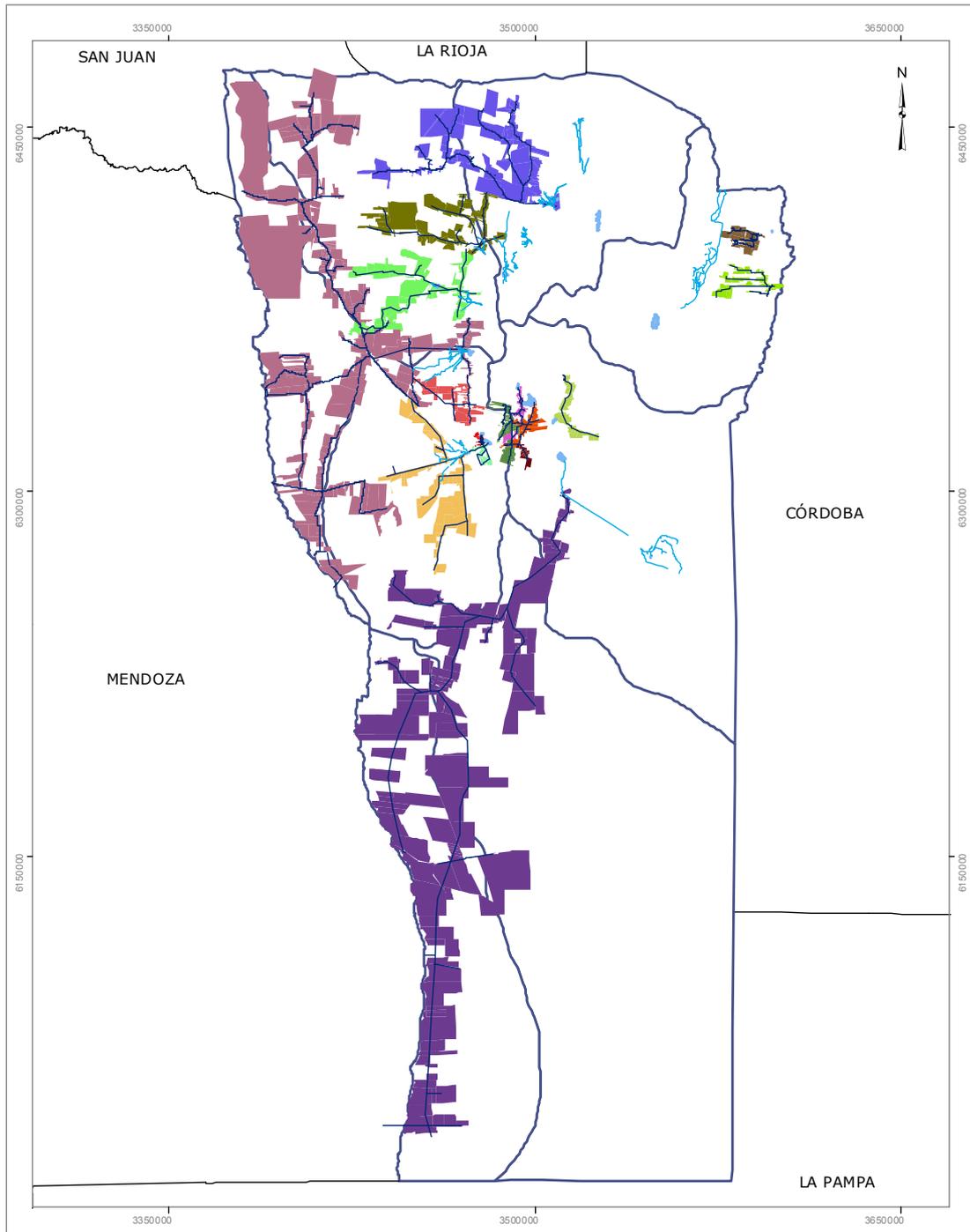
11- Plan Maestro del Agua 2012 – 2025. San Luis Agua. Gobierno de la Provincia de San Luis. Ed. Payné. Argentina. San Luis. (Octubre 2012).

12- Para la estimación se consideraron aquellas parcelas interceptadas por los acueductos, sumándole además una zona buffer de 100 m.

En la Figura 11.2 se presenta la estimación de las parcelas con abastecimiento de agua superficial por acueductos. Es partir de esta información que se procede a

la estimación de la superficie abastecida por acueducto y por cuenca (puntos 2 y 3).

Figura 11.2. Estimación de Parcelas Abastecidas por Acueductos. Prov. de San Luis



Estimación de Parcelas Abastecidas por Acueductos

Balcarce	Papagayo	Canales
Del Oeste	Potrero de los Funes	Acueductos
Del Sur	Río Amieva	Diques
Juana Koslay-Donovan	Río Grande	Cuencas
La Florida	Río Las Águilas	
Las Carpas - Saladillo	San Luis	
Luján	Socoscora	
Nogolí	Suyuque	

ESC: 1:2.000.000
 0 12.5 25 50 Kilómetros
 Sistema de referencia POSGAR 94
 Coordenadas Gauss-Krüger Faja 3

FUNDACIÓN NATURALEZA PARA EL FUTURO

Provincia de San Luis

Agua Disponible por Canal

Para conocer la disponibilidad de agua superficial por cuenca por dotación de canales se realiza el mismo análisis anterior.

En Cuadro 11.2 se presenta un resumen por cuenca de los valores mencionados hasta el punto 4, incluyendo el “coeficiente de trasvase” para cada acueducto/canal.

Cuadro 11.2

ORIGEN	CUENCA	TIPO DE CONDUCCIÓN	NOMBRE DEL CANAL O ACUEDUCTO	DOTACIÓN (lt/s)	FACTOR DE TRASVASE (% de pertenencia de cuenca)	Dotación por Acueducto según Cuenca (lt/s)	DOTACIÓN SEGUN CUENCA (Mm/año)
Rio San Miguel	Conlara	Acueducto	Balcarce	23	1	23	0,72
Paso de las Carretas	Bebedero	Acueducto	Del Oeste	120	0,07	8,4	0,26
Paso de las Carretas	Desaguadero	Acueducto	Del Oeste	120	0,51	61,2	1,90
Paso de las Carretas	Quinto	Acueducto	Del Oeste	120	0,03	3,6	0,11
Paso de las Carretas	Llanura Sur	Acueducto	Del Oeste	120	0,39	46,8	1,46
Dique Lujan	Vilance	Acueducto	Lujan	30	0,28	8,4	0,26
Dique Lujan	Llanura Norte	Acueducto	Lujan	30	0,72	21,6	0,67
Dique Nogoli	Vilance	Acueducto	Nogoli	100	0,3	30	0,93
Dique Nogoli	Bebedero	Acueducto	Nogoli	100	0,11	11	0,34
Dique Nogoli	Desaguadero	Acueducto	Nogoli	100	0,6	60	1,87
Arroyo Papagayos	Conlara	Acueducto	Papagayo	10	1	10	0,31104
Potrero de los Funes	Bebedero	Acueducto	Potrero de los Funes	300	1	300	9,33
Dique Esteban Agüero	Bebedero	Acueducto	Rio Grande	1800	0,23	414	12,88
Dique Esteban Agüero	Quinto	Acueducto	Rio Grande	1800	0,77	1386	43,11
Rio Las Aguilas	Bebedero	Acueducto	Rio Las Aguilas	30	0,62	18,45	0,57
Rio Las Aguilas	Quinto	Acueducto	Rio Las Aguilas	30	0,38	11,55	0,36
Dique Chico	Bebedero	Acueducto	San Luis	34	1	34	1,06
Rio Socoscora	Vilance	Acueducto	Socoscora	21	0,86	18,06	0,56
Rio Socoscora	Llanura Norte	Acueducto	Socoscora	21	0,14	2,94	0,09
Rio Suyuque	Bebedero	Acueducto	Suyuque	10	1	10	0,31
Dique Cruz de Piedra	Bebedero	Acueducto	Parque Industrial	28	1	28	0,87
Dique Vulpiani / Dique Chico	Quinto	Acueducto	Vulpiani	400	1	400	12,44
Embalse San Felipe	Conlara	Canal	Tilisarao	2200	0,18	400	12,44
Embalse San Felipe	Conlara	Canal	San Pablo	2200	0,45	1000	31,10
Embalse San Felipe	Conlara	Canal	Santa Rosa Conlara	2200	0,18	400	12,44
Embalse San Felipe	Conlara	Canal	Concarán	2200	0,18	400	68,50
Dique Va. Gral. Roca	Vilance	Acueducto	Rio Amieva	20	1	20	0,62
Dique La Florida	Bebedero	Acueducto	La Florida-C. de Piedra	800	0,06	48	1,49
Dique La Florida	Quinto	Acueducto	La Florida	800	0,94	752	23,39
Dique La Florida	Quinto	Acueducto	Del Sur	Sin aforar	1	Sin aforar	Sin aforar
Dique Saladillo	Quinto	Acueducto	Las Carpas-Saladillo	proceso llenado	1	proceso llenado	proceso llenado
Dique La Huertita	Llanura Norte	Canal	Quines-Candelaria	4000	1	4000	124,42
Dique Las Palmeras	Llanura Norte	Canal		proceso llenado	proceso llenado	proceso llenado	proceso llenado
Dique Vulpiani / Paso de las Carretas	Quinto	Canal	Canales de Villa Mercedes	10000	1	10000	311,04

Stress hídrico

Sobre la base de los resultados obtenidos en los puntos anteriores se calcula el Stress Hídrico Total como:

Stress Hídrico Total (Hm³/año)= HHAT/DAT

HHAT: Huella Hídrica Azul Total (hm³/año)

DAT: Disponibilidad de Agua Total (hm³/año)

La DAT es el resultado de la suma de la Disponibilidad de Agua Superficial y Subterránea.

Asimismo se calcula el Stress Hídrico Superficial y el Subterráneo como:

Stress Hídrico Superficial (Hm³/año)= HHAT/DASup

Stress Hídrico Subterráneo (Hm³/año)= HHAT/DASub

DASup: Disponibilidad de Agua Superficial (hm³/año)

DATSub: Disponibilidad de Agua Subterránea (hm³/año)

En particular para la provincia de San Luis se obtuvieron los siguientes resultados (Cuadro 11.3):

De manera general el análisis de Stress Hídrico Total en las cuencas distingue tres situaciones:

- I.- Llanura Sur y Desaguadero-Salado son las únicas que sobrepasan su oferta hídrica;
- II.- la de Río Quinto presenta un elevado índice (74,82%), sin sobrepasar el 100%;
- III.- las de Bebedero, Llanura Norte, Conlara y Vilance, no sobrepasan la oferta hídrica, presentando un índice menor al 60%.

A continuación se profundiza el análisis diferenciando para cada cuenca el tipo de agua empleada (subterránea o superficial), con el fin de evaluar la fuente de abastecimiento comprometida.

Cuadro 11.3 Stress Hídrico Total por Cuencas – Prov. de San Luis

	Disponibilidad Agua Superficial (Hm ³ /año)	Disponibilidad Agua Subterránea (Hm ³ /año)	Disponibilidad Total (Hm ³ /año)	HH Azul Total (Hm ³ /año)	Stress Hídrico Total (HHAT/DAT)	Stress Hídrico Sup (HHAT/DASup)	Stress Hídrico Sub (HHAT/DASub)
Bebedero	27,12	171,2	198,32	113	56,98%	416,67%	66,00%
Conlara	203,27	328,5	531,77	130,2	24,48%	64,05%	39,63%
Desaguadero Salado	3,77	0,89	4,66	16,24	348,50%	430,77%	1824,72%
Llanura Norte	140,73	137,3	278,03	75,35	27,10%	53,54%	54,88%
Llanura Sur	1,46	6,29	7,75	25,35	327,10%	1736,30%	403,02%
Quinto	480,65	126,14	606,79	454	74,82%	94,46%	359,92%
Vilance	2,38	123,51	125,89	9,94	7,90%	417,65%	8,05%

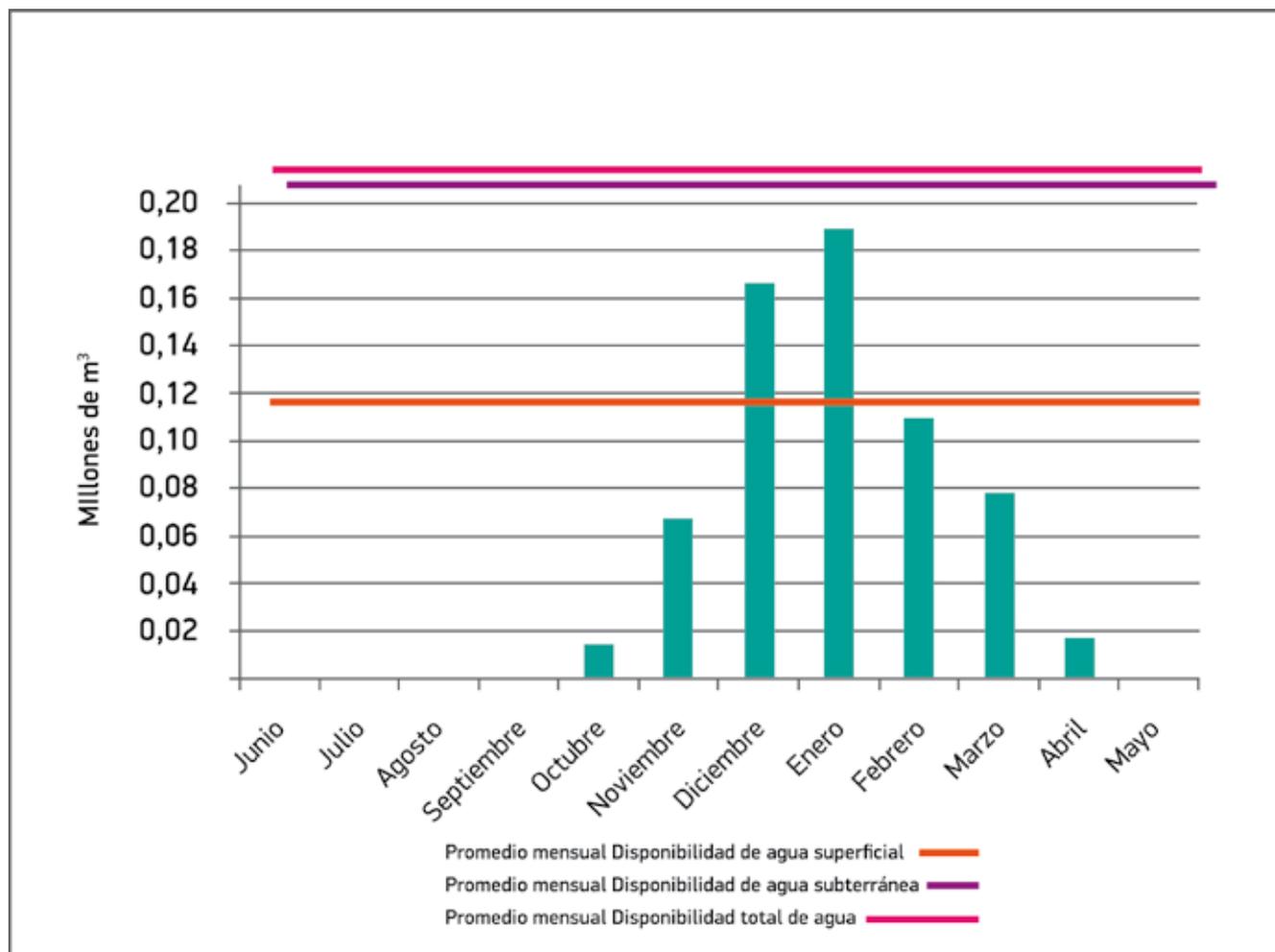
Situación I

Cuenca Llanura Sur. Presenta un valor de stress hídrico que supera ampliamente el 100% tanto en su totalidad (327,1%) como por tipo de fuente. Se evidencia de este modo que la demanda es mayor que la oferta y el alto nivel de stress hídrico, viene dado principalmente por la escasez de cursos superficiales y vinculado con el agua subterránea, podría deberse a la alta tasa de evaporación existente en esta cuenca.

Cuenca Desaguadero - Salado. La escasez de los recursos hídricos subterráneos, en particular la correspondiente al sector norte, impacta directamente sobre la demanda hídrica en esta región. La Figura 11.3 relaciona la huella hídrica azul mensual (obtenida en la Fase II) con la disponibilidad hídrica de la cuenca. Se observa

que el agua proveniente de fuentes superficiales (externas principalmente), se ven superadas durante los meses de diciembre y enero, mientras que la disponibilidad de agua total (7,75 hm³/año) (representada con la línea color rojo), es superior a la huella hídrica azul a lo largo de todos los meses del año debido a la disponibilidad de agua subterránea. En este punto cabe aclarar que si bien la cuenca Llanura Sur cuenta con alta cantidad de agua subterránea, existen otras limitantes que no hacen viable la producción agrícola en la zona, como ser la calidad del agua en el norte y en el sur si bien son de buena calidad, están asociadas sólo a zonas puntuales de recarga.

Figura 11.3 Stress Hídrico. Cuenca del Desaguadero - Salado

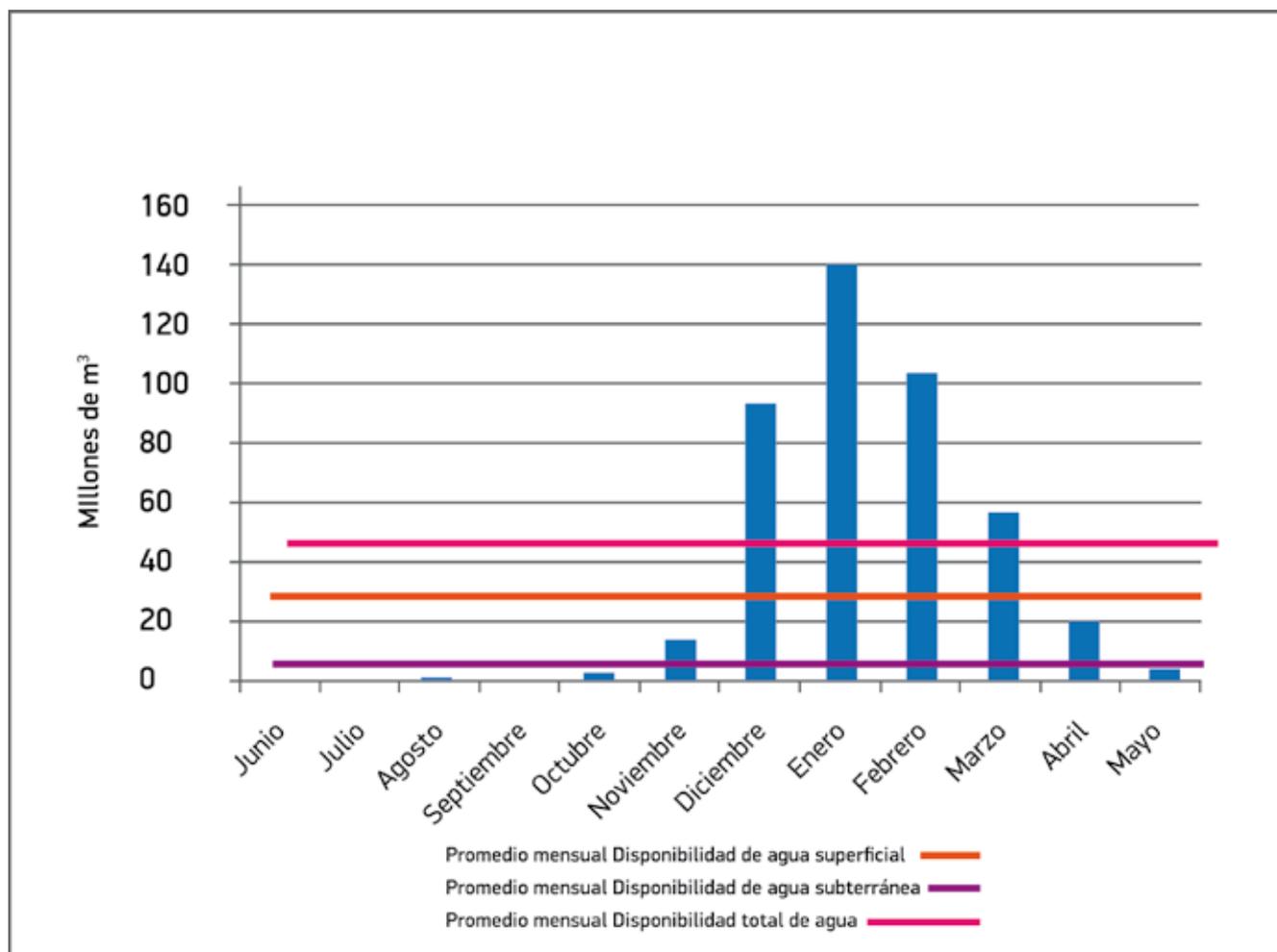


Situación II

Como se comentara la cuenca del río Quinto presenta un elevado índice (74,82%), que si bien no excede el 100% evidencia que está al límite de la capacidad productiva, por lo que no es recomendable la expansión de actividades extractivas de agua, bajo las actuales condiciones de dotación.

Durante los meses de diciembre a marzo se evidencia una fuerte demanda del recurso hídrico, superando en ese periodo (4 meses) al promedio de agua total disponible (anual). A su vez, al desglosar la disponibilidad según fuente subterránea o superficial, se evidencia que la cantidad de agua subterránea está más comprometida que la superficial.

Figura11.4 Stress Hídrico. Cuenca del Río Quinto



Situación III

En este grupo se incluyen aquellas cuencas con menor índice de Stress Hídrico. Conlara presenta un índice de 24,48%, que sugiere la posibilidad de una expansión productiva, en términos de disponibilidad de agua. Si bien tanto la fuente superficial como la subterránea presentan esta posibilidad, esta última refleja un mejor aporte relativo.

De modo similar la cuenca Llanura Norte arroja un índice de Stress Hídrico bajo (27,1%), distribuido de manera homogénea entre fuentes superficial y subterránea, lo que sugiere que ambas podrían servir para la expansión productiva de la cuenca.

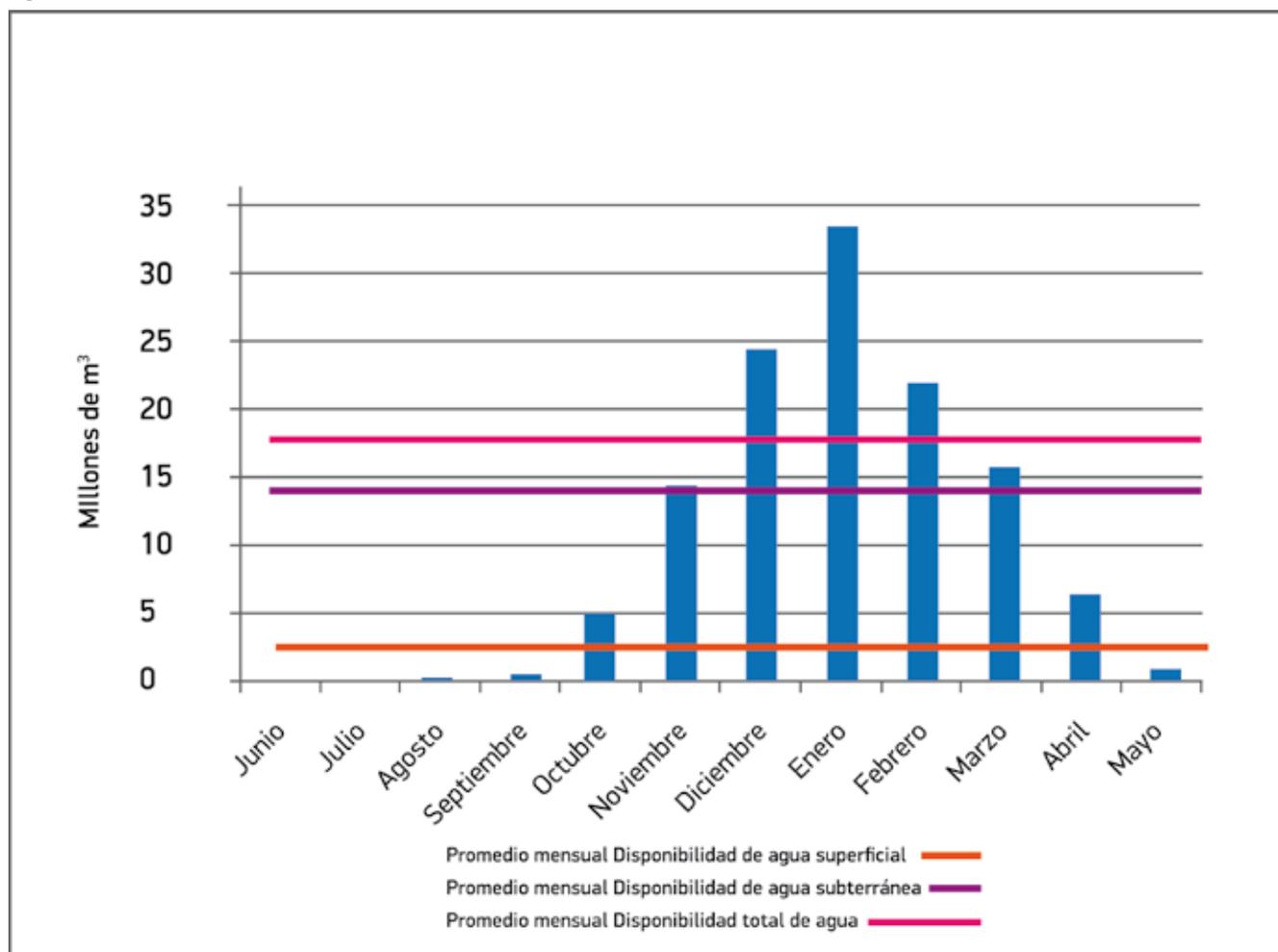
La cuenca de Vilance ostenta el menor índice de Stress Hídrico (7,9%), lo cual sugiere las mejores posibilidades de aumento de la producción. Sin embargo, el índice depende fuertemente de la disponibilidad de agua subterránea.

La cuenca del Bebedero tiene un valor de Stress Hídrico total menor al 100%, lo que si bien sugiere

que aún existe agua para diversas actividades, dicha disponibilidad depende del agua subterránea, dado que si se toma en cuenta sólo las fuentes superficiales, el índice se halla siete veces por encima de lo sustentable (Figura 11.5). En el Figura 11.5 se observa que la huella hídrica azul correspondiente a los meses de diciembre, enero y febrero supera ampliamente la oferta hídrica total, situación que implicaría que se están comprometiendo las reservas de agua.

Al analizar en forma separada las fuentes de provisión subterránea y superficial, la correspondiente a esta última presenta mayor stress hídrico durante gran parte del año, tornándose imprescindible el aprovechamiento del agua subterránea en aquellos sectores de la cuenca donde la calidad lo permite, como ser al NE de las Salinas del Bebedero en dirección SE hasta el límite con la cuenca Llanura Sur, según indica Zavalía y Zavalía, 2000.

Figura 11.5 Stress Hídrico. Cuenca del Bebedero



Del análisis de las situaciones anteriores se obtiene que en la cuenca del río Quinto, bajo las condiciones actuales, no es recomendable ningún crecimiento productivo mientras que las cuencas Llanura Sur y Desaguadero - Salado están rebalsadas su capacidad de producción. Para ambas situaciones, en caso de incrementarse las actividades consuntivas, serían fuertemente insostenibles. Es por ello que se aconseja continuar con la profundización de los impactos y el monitoreo de su evolución. En particular, se proponen acciones de corto plazo orientadas a las zonas especialmente identificados como críticos en la provincia.

12. Conclusiones preliminares

Fase IV: Formulación de Respuesta

Sobre la base de los resultados del Proyecto Cálculo y Evaluación de la Huella Hídrica en la provincia de San Luis y del intercambio con las entidades participantes, se hacen las siguientes recomendaciones para alcanzar la sustentabilidad del recurso hídrico en la provincia. No obstante ello, las propuestas integrales surgieron del taller de presentación final de resultados.

- Mejorar la obtención y sistematización homogénea y sostenida en el tiempo de los datos de riego, diques, canales y diques.
- Aforar ríos, en particular aquellos de los que se alimentan los diques/embalses.
- Sistematizar y racionalizar los datos vinculados con el consumo de agua productivo, lo que permitirá reducir la huella hídrica azul.
- Continuar los estudios de disponibilidad por cantidad y calidad de agua subterránea de modo de corroborar los resultados obtenidos por los informes elaborados por el proyecto de Cooperación Técnica del Bureau of Rural Sciences Agriculture, Fisheries And Forestry Australia. De esos estudios surge que ciertas cuencas poseen una cantidad importante de agua que podría ser utilizada, en caso de no hallar otras limitantes, para las actividades productivas.
- Integrar los datos surgidos de la red de monitoreo de estaciones telemétricas mediante algún soft que integre un algoritmo para la gestión integrada y sustentable del agua por cuencas. En ese sentido se podrían emplear modelos de optimización o simulación: Los modelos de optimización servirían para calcular la erogación de agua de los embalses y su nivel de agua para satisfacer las demandas. Si se emplearan los modelos de simulación, su uso serviría para proporcionar los niveles deseados en las reservas de agua y al mismo tiempo de satisfacer a las demandas.
- Evaluar la posibilidad de encaminarse hacia una planificación en la producción agrícola orientada no sólo por los criterios de rentabilidad monetaria, sino de “rentabilidad hídrica” promoviendo cultivos de mejor desempeño

hídrico a la vez que económico.

- Considerar los resultados obtenidos como un escenario puntual dentro de una tendencia de mediano y largo plazo, en la cual el sector agrícola viene creciendo.
- Analizar y cuantificar la huella hídrica de los otros sectores de la provincia (industrial, doméstico, energético), para tener así un conocimiento integral de la disponibilidad y la demanda hídrica.

Resultados Totales Provinciales de Huella Hídrica

- Huella Hídrica Total Provincial - Cultivos Extensivos
 - 1.493,96 millones de m³/año para la verde
 - 729,33 millones de m³/año para la azul
 - 111,16 millones de m³/año para la gris
- Huella Hídrica Total Provincial - Cultivos Intensivos
 - 40,57 millones de m³/año para la verde
 - 45,21 millones de m³/año para la azul
 - 0,84 millones de m³/año para la gris
- Huella Hídrica Total Provincial - Sector Pecuario
 - 5.143,79 millones de m³/año para la verde
 - 303,42 millones de m³/año para la azul
- Huella Hídrica Total Provincial - Sectores Agrícola y Ganadero
 - 6.097,27 millones de m³/año para la verde
 - 786,47 millones de m³/año para la azul
 - 118,09 millones de m³/año para la gris
- Huella Hídrica Azul Total de 817,29 millones de m³ (incluida la huella hídrica de los diques).
- Stress Hídrico

Consideraciones Finales sobre el Procedimiento y Metodología del Estudio

Uno de los principales logros de la Evaluación de la Huella Hídrica Provincial, lo constituyó el proceso interdisciplinario e interinstitucional, que contó con la participación de técnicos y funcionarios de la provincia, quienes unieron sus esfuerzos y colaboraron en la construcción y desarrollo colectivo de este proyecto para obtener un resultado común, que permite tener una mirada multisectorial del uso del agua (alteración de la disponibilidad en términos de cantidad) en la provincia.

El proyecto se presenta como una herramienta para informar en el proceso de toma de decisiones para la gestión integrada del agua, representando un avance en cuanto al estado del arte de la huella hídrica, tanto en el desarrollo operativo como para el diseño y formulación de estrategias de reducción de la huella hídrica.

Aunque existen varios estudios en el ámbito internacional sobre la evaluación de la huella hídrica, el presente estudio se diferencia de ellos por el recorte territorial provincial, cuyo análisis se presenta no sólo a nivel departamental sino a nivel de cuencas hídricas. La participación del sector de la gestión pública, diferente al académico, es parte fundamental de la gestión integrada de recursos hídricos y aumenta las probabilidades de movilización hacia un cambio tangible a mediano plazo en la provincia. Los resultados y conclusiones del estudio apuntan a convertirse en una herramienta que apoya otros estudios impulsados desde los gestores de los recursos hídricos en la provincia.

El planteo central durante el desarrollo del proyecto y las jornadas de discusión, fue mantener el enfoque de cuenca como unidad de análisis básica de la huella hídrica.

A continuación se puntúan aportes metodológicos de aplicación de huella hídrica, generados como resultado del proyecto:

- Sectores estudiados:
 - Agrícola (16 cultivos extensivos y 16 intensivos)
 - Pecuario (bovinos extensivo y de feed lot, caprinos, ovinos, porcinos y equinos).
- La base de información utilizada – además de los relevamientos propios de San Luis Agua y el Ministerio

del Campo- ha sido también la publicada por organismos públicos, universidades o centros de investigación de reconocida trayectoria.

- La información secundaria fue sometida a un proceso de validación y priorización para ser parcialmente complementada con información primaria recolectada.
- En todos los casos esta información se presenta de forma compilada, consolidando de manera organizada distintos registros y datos provenientes de distintas fuentes.
- La información recopilada no hacía referencia a las unidades hidrológicas de trabajo (la mayor parte de la información relevada, sistematizada y publicada hace referencia a unidades geopolíticas), por lo que se tomaron los supuestos necesarios, debidamente documentados, argumentados y justificados, para hacer el traslado de la información a las unidades hidrológicas definidas para este estudio, logrando así una especialización de la información a nivel de cuencas. Este paso fue sumamente relevante para la aplicación de la metodología.
- La cuantificación de la huella hídrica de los distintos sistemas de producción de la provincia, requiere de una estimación de la cantidad de agua que evapotranspiran los cultivos en condiciones de secano y bajo riego. El modelo CROPWAT es una herramienta que se emplea para realizar esa estimación para los estudios de huella hídrica. Para su funcionamiento se necesitaron datos básicos de lluvias, otros datos climáticos para el cálculo de la evapotranspiración (radiación, temperatura máxima y mínima, humedad relativa y viento), parámetros hídricos de los suelos, como así también diversos parámetros de los cultivos.
- Profundización local detallada de la aplicación metodológica del indicador para los sectores agrícola y pecuario. Se desarrollaron archivos de evapotranspiración, precipitación, cultivos extensivos e intensivos acordes a la realidad local, sin emplear los estandarizados por la FAO.
- La información obtenida del Modelo CROPWAT y el análisis de distribución de cultivos, no sólo servirá para evaluar la huella hídrica, sino también para otros

proyectos que emprenda la provincia.

- Se generó como información primaria un mapa de vegetación provincial, a partir de métodos de clasificación supervisada, con áreas de entrenamiento para determinar las clases gruesas y con sucesivas interacciones de clasificaciones no supervisada para discriminar entre tipos de cultivos por la fenología, empleando el Índice Verde Normalizado (NDVI).
- La naturaleza informática que se genera en el proyecto, permitirá también evaluar a lo largo del tiempo las políticas de gestión sobre la base de los resultados obtenidos.
- Para el análisis pecuario no se consideraron los índices tabulados de conversión ni los modelos de alimentación de bibliografía global, sino que por el contrario se desarrollaron insumos locales para la comprensión de la actividad ganadera, entre ellos la Productividad Primaria Neta (PPN), los requerimientos nutricionales, volumen y composición del alimento, entre otras variables.
- El nivel de detalle aplicado en las fases asegura cubrir las actividades agrícola y pecuaria de la provincia.
- Al momento de la elaboración de este informe, se realizaron dos talleres¹³ para comentar, explicar y socializar los avances del estudio con el fin de acordar la obtención de información real acerca del uso del agua, contemplando fuentes de agua superficial y subterránea, así como trasvases entre cuencas y sistemas de riego.
- Durante el desarrollo de todo el proceso, se mantuvo una vinculación y diálogo fluido entre todos los agentes.
- Con los resultados del estudio se abre un amplio espectro de profundización, investigación y difusión, fortalecido con una fuerte conexión con redes de conocimiento internacionales. Uno de los fines de la investigación asociada se refiere a la puesta en marcha de acciones concretas basadas en el análisis e interpretación de resultados del estudio, generando un análisis complementario que incluya iniciativas existentes y proyectadas. El fin último del avance en investigación consiste en identificar beneficios concretos, efectivos e innovadores que generen un cambio positivo a partir de

la aplicación de la metodología de evaluación de huella hídrica a nivel de cuencas en una provincia.

- La sofisticación de los modelos de estimación de las Huellas Hídricas Verde y Azul, la profundización en la aplicabilidad sectorial y la estimación y análisis de resultados de Huella Hídrica Gris, sirven como base de la evaluación de la sustentabilidad territorial, temas que quedan planteados para continuar con la profundización del estudio.
- Los aportes metodológicos de aplicación de huella hídrica, generados como resultado de este estudio, se espera sirvan para abordar estudios similares en otras provincias argentinas y en otros países, orientado a cuencas donde resulte pertinente evaluar la huella hídrica de manera local.

Observación importante: Esta obra cuenta con cinco anexos complementarios que aportan información muy valiosa sobre los siguientes temas. Anexo I: “Caracterización del Comportamiento Fenológico de las Clases de Coberturas”; Anexo II: “Cultivos Extensivos”; Anexo III: “Cultivos Intensivos”; Anexo IV: “Sector Pecuario” y Anexo V: “Huella Hídrica Provincial, Sector Agropecuario”.

13- Bajo un modelo de participación abierto entre los equipos técnicos profesionales del gobierno provincial.

Bibliografía

- Acuña J. C., Rossanigo C., Arano A. y Caldera J. 2010. Análisis de la actividad ganadera bovina de carne por estratos de productores y composición del stock. Años 2008 y 2009. Provincia de San Luis. OBSERVATORIO ESTRATÉGICO – INTA – SENASA – RIAN.
- Allan J. A. 1993. Fortunately there are substitutes for water otherwise our hydro-political futures would be impossible, ODA, Priorities for water resources allocation and management. ODA, London.
- Arévalo Uribe D. 2013. Evaluación de la Huella Hídrica en la cuenca del Río Porce. Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia -CTA-.
- Australian Bureau of Rural Sciences (ABRS) y Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR). 1999. Los Recursos Hidrológicos Subterráneos de La Provincia de San Luis. Bureau of Rural Sciences Agriculture, Fisheries and Forestry Australia.
- FAO. 1993. Boletín Riego y Drenaje - N° 56: Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos.
- Chapagain A. K. y Hoekstra A. Y. 2003. Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products. Value of Water Research Report Series No. 13, UNESCO-IHE, Delft, Netherlands.
- Chapagain A. K. y Hoekstra A. Y. 2004. Water footprints of nations. Value of Water Research Report Series No. 16, UNESCO-IHE, Delft, Netherlands.
- Frasinelli C. A., Veneciano J. H., Belgrano Rawson A. J., Frigerio K. 2003. Sistemas extensivos de producción bovina: Productividad y Rentabilidad (Cáp.8). Aguilera, M.O. y Panigatti, J.L. (Ed.). Con las Metas Claras. Estación Experimental Agropecuaria San Luis: 40 años a favor del desarrollo sustentable. INTA. ISBN 987-521-074-9. 228 pág.
- Hardy L. y Garrido A. 2010. Análisis y evaluación de las relaciones entre el agua y la energía en España. Papeles de Agua Virtual N° 6. Fundación Botín. Santander.
- Hendy C. R. C., Kleih U., Crawshaw R. y Phillips M. 1995. Livestock and the environment finding a balance: Interactions between livestock production systems and the environment, Impact Domain: concentrate feed demand. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
- Hoekstra A. Y. 2003. Virtual water trade between nations: A global mechanism affecting regional water systems. IGBP Global Change News Letter, No. 54, pp. 2-4.
- Hoekstra A. Y., Chapagain A. K., Aldaya M. M. and Mekonnen M. M. 2009. Water footprint manual: State of the art 2009. Water Footprint Network. Enschede, the Netherlands.
- Hoekstra A. Y., Chapagain A.K., Aldaya M. M. and Mekonnen M. M. 2011. The water footprint assessment manual: Setting the global standard. Earthscan, London, UK.
- Mekonnen M. M. y Hoekstra A. Y. 2010a. The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products. Value of Water Research Report Series No. 48. Volume 1: Main Report. UNESCO-IHE. Institute for Water Education.

- Mekonnen M. M. y Hoekstra A. Y. 2010b. The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products. Value of Water Research Report Series No. 48. Volume 2: Apendices. UNESCO-IHE. Institute for Water Education.
- Kriby 1999. Uso sostenido y balance del agua para riego en la provincia de San Luis. Los Recursos Hidrológicos Subterráneos de la Provincia de San Luis. Proyecto de cooperación Técnica Argentino-Australiano. Bureau of Rural Sciences Agriculture, Fisheries And Forestry Australia.
- Ritchie J.T., Godwin D.C., Singh U., 1989. Soil and weather inputs for the IBSNAT crop models. IBSNAT.
- Veneciano J. H. 1998. Apreciaciones acerca de La actualidad ganadera de San Luis y sus posibilidades. INTA, EEA San Luis. Inf. Técnica nº 147:36p.
- Zavalía.1999. El impacto del riego en el desarrollo del agro de San Luis. Los Recursos Hidrológicos Subterráneos de La Provincia de San Luis. Proyecto de Cooperación Técnica Argentino-Australiano. Bureau of Rural Sciences Agriculture, Fisheries And Forestry Australia.
- Zavalía y Zavalía. 2000. Evaluacion de posibilidades fisicas y economicas de riego con aguas subterraneas en la provincia de San Luis. Los Recursos Hidrológicos Subterráneos de La Provincia de San Luis. Proyecto de Cooperación Técnica Argentino-Australiano. Informe No.6 Bureau of Rural Sciences Agriculture, Fisheries And Forestry Australia.

Glosario de Siglas

AACREA: Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola

ABRS: Australian Bureau of Rural Sciences

FAO: Food Agricultural Organization

FuNaFu: Fundación Naturaleza para el Futuro

GIRH: Gestión Integral de los Recursos Hídricos

INTA: Instituto Nacional Tecnológico Agropecuario

IPCVA: Instituto de Promoción de la Carne Vacuna Argentina

MAGyP: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca

NDVI: Índice Verde Normalizado

NLEAP: Nitrate Leaching and Economic Analysis Package

NRC: National Research Council

RIAN: Red de Información Agropecuaria Nacional

SEGEMAR: Servicio Geológico Minero Argentino

SENASA: Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria

UBA: Universidad de Buenos Aires

USDA: United States Department of Agriculture

WFN: Water Footprint Network

Agradecimientos

Agradecemos por la apertura de espacios para consultas a Nicolas Franke, Project Officer de la Water Footprint Network.

Autores:

San Luis Agua S.E
Ministerio del Campo, Gobierno de la provincia de San Luis.

Coordinación general del proyecto de Cálculo y Análisis de la Huella Hídrica en la Provincia de San Luis

Fundación Naturaleza para el Futuro –FuNaFu – Miembro de la Water Footprint Network

Luis Castelli, director Ejecutivo Fundación Naturaleza para el Futuro
Ana Carolina Herrero, dirección de Proyecto Huella Hídrica
Diego Felipe Arévalo Uribe, Asesor

Equipo técnico

Federico Zuberger, Luisina Molina, Daniel Collasius, María Macarena Rodríguez,
Jorge Luis Mercáu, Leonardo Fernández.

Coordinación ejecutiva

Presidente de San Luis Agua Sociedad del Estado,
Lic. Felipe Tomasevich

Coordinación general de la publicación

Gerencia de Prensa y Comunicación de San Luis Agua S.E
Lic. Gabriela Puerto Mestre,
Diseño: Juan Manuel Pets

Contacto

www.sanluisagua.com
sanluisaguaprensa@gmail.com
2664 4452000 Int. 4873

Índice

Prólogo	3
Introducción	5
1. Antecedentes y oportunidades	8
2. Objetivos	10
Objetivo General	
Objetivos específicos	
3. Metodología de evaluación de la huella hídrica en la provincia de San Luis	11
Fase I: Definición del alcance general de evaluación	14
Fase II: Cuantificación de la Huella Hídrica en la Provincia de San Luis	16
4. Sectores analizados	16
4.1 Sector agrícola	16
5 Cultivos extensivos	28
Huella hídrica Total Provincial – Cultivos Extensivos	
Huella hídrica por Cuencas Hídricas - Cultivos Extensivos	
Huella hídrica por Departamentos - Cultivos Extensivos	
5.1 Cultivos intensivos	33
Huella Hídrica Total Provincial – Cultivos Intensivos	
5.2 Sector pecuario	35
Huella Hídrica Total Provincial – Sector Pecuario	
6. Resultados de la fase II	41
7. Cultivos extensivos	42
Huella Hídrica por Departamentos - Cultivos Extensivos	53
8. Cultivos Intensivos	57
9. Sector Pecuario	66
10. Huella Hídrica total por sectores	74
Huella hídrica total provincial	76
11. Fase III: Evaluación de la sustentabilidad de la Huella Hídrica	78
11.1 Agua Subterránea	78
Agua Superficial	81
Stress hídrico	89
12. Conclusiones preliminares	94
Bibliografía	98
Glosario de siglas	100
Agradecimientos	101



GOBIERNO
DE LA PROVINCIA
DE SAN LUIS