



Análisis exploratorio de la sostenibilidad del Sistema Acuífero Guaraní ante la producción agroindustrial de soja y carne en Paraguay

"Exploratory Analysis of the Sustainability of the Guaraní Aquifer System in the Face of Agroindustrial Soybean and Meat Production in Paraguay."

"Análise exploratória da sustentabilidade do Sistema Aquífero Guaraní diante da produção agroindustrial de soja e carne no Paraguai."

José Luis Caballero Estigarribia

Universidad Nacional de Asunción. Facultad de Ciencias Económicas. Filial Caaguazú, Paraguay

jcaballero650@eco.una.py

ORCID: [0009-0000-5108-0192](https://orcid.org/0009-0000-5108-0192)

Resumen

El Acuífero Guaraní es uno de los recursos hídricos más importantes para Paraguay, cuya economía depende fuertemente de la agroindustria, especialmente de la producción de carne y soja. Por esta razón, es esencial evaluar el uso sostenible del acuífero para garantizar su preservación frente a futuros desafíos económicos y climáticos.

En este contexto, el objetivo de la investigación es analizar la relación entre la sostenibilidad del Acuífero Guaraní y el consumo de agua en las actividades agroindustriales de carne y soja en Paraguay, basándose en datos obtenidos de fuentes oficiales y medios electrónicos.

Para alcanzar este objetivo, se empleó un enfoque cualitativo con un nivel descriptivo. Además, el diseño es no experimental y de corte transversal, ya que no se manipuló ninguna variable.

Como resultado, se observa que el Acuífero Guaraní es actualmente sostenible. Sin embargo, el aumento en la producción agroindustrial podría comprometer su sostenibilidad a largo plazo. Por lo tanto, se destaca la necesidad de mecanismos regulatorios efectivos y la cooperación internacional para preservar este recurso clave. Asimismo, la implementación de herramientas de gestión y marcos de coordinación técnica resulta crucial para garantizar su sostenibilidad frente a escenarios climáticos futuros y proteger los servicios ecosistémicos.

Palabras clave: sostenibilidad; Acuífero Guaraní; agroindustria; recursos hídricos; Paraguay.

Abstract

The Guaraní Aquifer is one of the most important water resources for Paraguay, whose economy is heavily dependent on agribusiness, especially meat and soybean production. For this reason, it is essential to assess the sustainable use of the aquifer to ensure its preservation in the face of future economic and climatic challenges.

In this context, the objective of the research is to analyze the relationship between the sustainability of the Guaraní Aquifer and water consumption in the agroindustrial activities of meat and soybean production in Paraguay, based on data obtained from official sources and electronic media.

To achieve this objective, a qualitative approach with a descriptive level was used. In addition, the design is non-experimental and cross-sectional, since no variables were manipulated.

As a result, it is observed that the Guarani Aquifer is currently sustainable. However, the increase in agroindustrial production could compromise its long-term sustainability. Therefore, the need for effective regulatory mechanisms and international cooperation to preserve this key resource is highlighted. Likewise, the implementation of management tools and technical coordination frameworks is crucial to guarantee its sustainability in the face of future climate scenarios and to protect ecosystem services.

Key words: sustainability; Guarani Aquifer; agribusiness; water resources; Paraguay.

Resumo

O Aquífero Guarani é um dos recursos hídricos mais importantes para o Paraguai, cuja economia depende fortemente do agronegócio, especialmente da produção de carne e soja. Por esse motivo, é essencial avaliar o uso sustentável do aquífero para garantir sua preservação diante de futuros desafios econômicos e climáticos.

Nesse contexto, o objetivo da pesquisa é analisar a relação entre a sustentabilidade do Aquífero Guarani e o consumo de água nas atividades agroindustriais de produção de carne e soja no Paraguai, com base em dados obtidos de fontes oficiais e da mídia eletrônica.

Para atingir esse objetivo, foi utilizada uma abordagem qualitativa com um nível descritivo. Além disso, o projeto é não-experimental e de corte transversal, pois nenhuma variável foi manipulada.

Como resultado, observa-se que o Aquífero Guarani é atualmente sustentável. Entretanto, o aumento da produção agroindustrial pode comprometer sua sustentabilidade em longo prazo. Portanto, destaca-se a necessidade de mecanismos regulatórios eficazes e de cooperação internacional para preservar esse recurso fundamental. Além disso, a implementação de ferramentas de gerenciamento e estruturas de coordenação técnica é crucial para garantir sua sustentabilidade diante de cenários climáticos futuros e para proteger os serviços ecossistêmicos.

Palavras-chave: sustentabilidade; Aquífero Guarani; agronegócio; recursos hídricos; Paraguai.

Recibido: 26/06/2025 Aprobado: 08/07/2025 Publicado: 01/08/2025

1. Introducción

El Acuífero Guaraní, un reservorio subterráneo que abarca Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay, fue destacado como un recurso estratégico en el 1° Foro Regional sobre el Derecho al Agua, organizado por el Parlamento del MERCOSUR en Montevideo en 2017. Expertos enfatizaron su relevancia para la salud humana y la economía, alertando sobre la creciente escasez de agua dulce. Parlamentarios instaron a proteger el acuífero mediante legislación común, garantizando su uso equitativo y sostenible. Se debatieron temas como el impacto ambiental de represas y la participación ciudadana, resaltando la necesidad de limitar la explotación indiscriminada por intereses extranjeros (Parlamento Mercosur, 2017).

El referido documento fue suscripto en el marco de la cooperación e integración en las relaciones de los Estados Partes con el propósito de ampliar las acciones concertadas para la conservación y protección ambiental del sistema Acuífero Guaraní,

buscando asegurar el uso múltiple, racional, sustentable y equitativo del mismo, al tiempo de reconocer expresamente la soberanía que ejerce cada país sobre su respectiva porción del recurso natural.

El Sistema Acuífero Guaraní (SAG) es una de las reservas de agua dulce más extensas del mundo, abarcando aproximadamente 1,2 millones de kilómetros cuadrados en Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay. En Paraguay, el SAG se extiende por alrededor de 71.700 km², lo que representa aproximadamente el 17% del territorio nacional. Los departamentos que se encuentran sobre el Acuífero Guaraní incluyen Itapúa, Alto Paraná, Canindeyú, Caaguazú, Guairá, Caazapá y Misiones (Aquae, 2021).

La mirada desde la sostenibilidad ambiental de dicho recurso es fundamental en el proceso de desarrollo humano, donde el SAG, depende en gran medida de los procesos de recarga, que reponen el agua extraída para diversos usos. Un estudio reciente del Instituto de Geociencias de la Universidad Estadual de São Paulo (Unesp) ha revelado que la recarga del SAG es insuficiente para mantener sus niveles actuales (Donadelli Sacchi et al., 2024).

En este sentido, la investigación destaca que, en algunas áreas, el nivel del agua ha descendido hasta 100 metros, lo que indica una sobreexplotación del acuífero. Este descenso se atribuye a cambios en la distribución de las precipitaciones y al aumento de la extracción para abastecimiento urbano, especialmente en el estado de São Paulo, donde se concentra el 80% de la extracción del acuífero (Donadelli Sacchi et al., 2024).

Desde la perspectiva económica, la producción de soja y carne son fundamentales para el desarrollo del Paraguay. En un estudio realizado por Sánchez et al., (2022), analiza la relevancia de la soja en la economía paraguaya, destacando que en 2021 las exportaciones de soja alcanzaron USD 2.975,1 millones, representando el 28,2% del total de exportaciones registradas. Esto demuestra la dependencia económica del país en la producción de soja, y se posiciona entre los seis mayores productores de soja a nivel mundial y es el cuarto mayor exportador.

En otro informe sobre el impacto de la producción de la soja y carne en Paraguay, elaborado por Investigación para el Desarrollo (ID) y WWF-Paraguay, examina como la expansión de estos rubros afecta a los recursos naturales, incluyendo

el agua. Destaca que la producción representa más del 30% de las divisas generadas en los últimos años y ocupa gran parte de la superficie agropecuaria del país, generando empleos directos e indirectos. Sin embargo, estas actividades han llevado a la deforestación y a la degradación de ecosistemas, lo que puede afectar la disponibilidad y calidad del agua (WWF/ID, 2016).

En cuanto a la ganadería, considerado otro pilar de la economía paraguaya, con una producción significativa destinada tanto al mercado interno como a la exportación. En 2023, Paraguay exportó 25.308 toneladas de carne bovina a Estados Unidos, generando ingresos por USD 127,36 millones (ABC, 2024).

La creciente preocupación por el impacto de la escasez de agua en el futuro es una alerta crítica para la economía de Paraguay, altamente dependiente de actividades agroindustriales como la producción de soja y carne. La disponibilidad del agua, un recurso esencial para la producción de estos bienes enfrenta desafíos significativos debido al aumento de la demanda y las predicciones de escasez hídrica en las próximas décadas.

Por esta razón, resulta indispensable implementar sistemas de medición y monitoreo del consumo de agua en estas actividades productivas. Este análisis permitirá evaluar con precisión el impacto de las agroindustrias sobre la sostenibilidad del Sistema Acuífero Guaraní (SAG), un recurso estratégico para el país. Medir y regular el uso del agua no solo garantizará la sostenibilidad del acuífero, sino también la estabilidad económica del país a lo largo del tiempo, evitando comprometer el futuro de las generaciones venideras.

La vigencia del instrumento constituirá un firme compromiso de reconocimientos de la soberanía sobre el recurso hídrico transfronterizo entre los Estados Parte y de apoyo mutuo en el reconocimiento ante los demás Estados, además de permitir la gestión integral y sostenida del Sistema Acuífero Guaraní (MRE, s/f).

En definitiva, la investigación destaca la urgente necesidad de implementar controles efectivos sobre la expansión de los cultivos de soja y la producción ganadera en Paraguay. Estas actividades, pilares económicos del país, representan una alta demanda de agua que ejerce presión sobre el Sistema Acuífero Guaraní. Regular su

consumo resulta fundamental para preservar la sostenibilidad de este recurso hídrico estratégico. Adoptar políticas de manejo sostenible, junto con tecnologías que optimicen el uso del agua y reduzcan la contaminación, es esencial para garantizar el equilibrio entre el desarrollo económico y la conservación ambiental, asegurando así la disponibilidad de este vital recurso para las futuras generaciones.

2. Desarrollo

2.1. Objetivos

General

- Analizar exploratoriamente la sostenibilidad del Sistema Acuífero Guaraní ante la producción agroindustrial de soja y carne en Paraguay.

Específicos

- Determinar el impacto del uso del agua en la producción de la carne y la soja sobre la sostenibilidad del Acuífero Guaraní y sus consecuencias económicas.
- Evaluar la sostenibilidad del Acuífero Guaraní con el transcurrir del tiempo por efecto de la actividad agropecuaria.

3. Marco teórico

3.1. Marco conceptual

El análisis se define como el examen minucioso de un asunto para comprender su naturaleza, características y los factores que en él intervienen. Etimológicamente, proviene del griego "análisis", donde "ana-" significa 'de abajo a arriba' o 'enteramente', y "lýsis" significa 'disolución'. Por lo tanto, análisis implica descomponer un todo en sus partes para entenderlo en profundidad (ASALE & RAE, 2024)

En hidrología, un acuífero se define como una formación geológica subterránea compuesta por materiales permeables, como arenas, gravas o rocas porosas, que tienen la capacidad de almacenar y transmitir agua en cantidades significativas. Estas formaciones permiten el flujo del agua a través de sus poros o fisuras, facilitando su extracción mediante pozos o su afloramiento natural en manantiales. Los acuíferos desempeñan un papel crucial en el ciclo hidrológico, actuando como reservorios naturales que suministran agua para diversos usos humanos y ecosistemas (Araque Arellano, 2022).

Según, Araque Arellano (2022), la clasificación hidrológica, los acuíferos se dividen en:

- Acuíferos libres o no confinados: Aquellos en los que el nivel freático está a presión atmosférica y pueden recargarse directamente desde la superficie.
- Acuíferos confinados: Están situados entre capas impermeables que limitan su recarga y el agua se encuentra a una presión mayor que la atmosférica.

En la investigación, la fase de exploración es como un primer acercamiento a un tema poco conocido. No se trata de probar teorías desde el inicio, sino de abrir el panorama: identificar variables, reconocer patrones iniciales y, sobre todo, dejar que surjan preguntas nuevas (Hernández Sampieri, Fernández Collado & Baptista Lucio, 2014).

El concepto de agroindustria es amplio y comprende todas aquellas transformaciones de materias primas agrícolas o pecuarias en productos con valor agregado para diferentes aplicaciones comerciales. Esto incluye, por ejemplo, el procesamiento de cultivos agrícolas de importancia económica, como cereales, tubérculos, hortalizas y leguminosas, así como la producción de una extensa gama de alimentos (Montoya et al., 2022).

Asimismo, la agroindustria abarca actividades como la cría de ganado bovino, porcino y aviar, de las cuales se obtienen materias primas para la producción de carne, leche y sus derivados, además de huevos. Sin embargo, su alcance no se limita a la producción alimentaria; también incluye sectores como la manufactura del cuero, la producción de caucho natural, la silvicultura y la fabricación de madera y papel, entre otros (Montoya et al., 2022).

El término sostenible se define especialmente en ecología y economía, que se puede mantener durante largo tiempo sin agotar los recursos o causar grave daño al medio ambiente (ASALE & RAE, 2023.).

En este sentido, la sostenibilidad hídrica se refiere al uso racional y equilibrado del agua, garantizando que su consumo no supere la capacidad natural de recarga de las fuentes hídricas. Este enfoque asegura la disponibilidad del recurso tanto para las generaciones presentes como futuras, manteniendo la salud de los ecosistemas y permitiendo el desarrollo socioeconómico. La gestión sostenible del agua implica prácticas como la conservación, la eficiencia en su uso y la protección de las fuentes de contaminación (ONU, 2014).

En economía, la producción se define como el proceso mediante el cual se transforman insumos o factores de producción—como tierra, trabajo y capital—en bienes y servicios destinados a satisfacer las necesidades humanas. Este proceso implica la combinación eficiente de recursos para generar productos con valor agregado, contribuyendo al bienestar económico y social. La producción es fundamental en la economía, ya que determina la disponibilidad de bienes y servicios en el mercado, influye en el empleo y afecta el crecimiento económico. Comprender los mecanismos de producción permite a las empresas y gobiernos tomar decisiones informadas sobre la asignación de recursos, la inversión y la implementación de políticas que promuevan la eficiencia y la sostenibilidad económica (Pere, 2003).

La economía es una ciencia social que examina cómo los individuos, las empresas y los gobiernos gestionan recursos escasos para satisfacer necesidades y deseos ilimitados. Utilizando el método científico, la economía desarrolla teorías y modelos que explican fenómenos económicos, estableciendo leyes y observando relaciones causa-efecto en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios. Esta disciplina se basa en la experiencia del mundo real, aplicando métodos inductivos y deductivos para analizar comportamientos y decisiones humanas en diversos contextos (Jesús Romo, 2016).

3.2. Marco referencial

La producción de soja en Paraguay ha experimentado un crecimiento notable, posicionando al país como el sexto mayor productor y el cuarto exportador mundial de este grano. En la campaña 2024/2025, se proyecta una producción de 9.25 millones de toneladas en la zafra principal, alcanzando un total combinado de 10.53 millones de toneladas al sumar la zafriña. Empresas multinacionales como ADM, Bunge, Cargill, Dreyfus y Noble manejan aproximadamente el 80% de las exportaciones de soja producida en Paraguay, operando en estrecha colaboración con productores locales (5DIAS, 2024).

Por otro lado, la industria cárnica paraguaya ha mostrado un crecimiento sostenido, posicionando al país como el sexto exportador y octavo productor mundial de carne bovina. Los departamentos de San Pedro, Concepción y Amambay concentran

alrededor del 44% del total de cabezas de ganado vacuno en la Región Oriental. Frigoríficos de exportación destacados procesan y exportan carne de alta calidad, contribuyendo significativamente al desarrollo económico del país (Última hora, 2024).

Sin embargo, la expansión de estas actividades agroindustriales plantea desafíos ambientales significativos, especialmente en relación con el Acuífero Guaraní. La sobreexplotación y la contaminación del acuífero podrían comprometer la disponibilidad de agua dulce para las generaciones futuras. El uso intensivo de agua en la producción de soja y carne, sumado a la aplicación de pesticidas y fertilizantes, puede afectar la calidad y cantidad del recurso hídrico. Por lo tanto, es esencial que las empresas y productores implementen prácticas sostenibles que protejan este recurso vital, garantizando un equilibrio entre el desarrollo económico y la conservación ambiental.

La producción de carne y soja es fundamental para la economía paraguaya. La soja representa aproximadamente el 17% del PIB y el 62% de las exportaciones del país (Plataforma Nacional de Commodities Sustentables, 2023).

Agregando a lo anterior, la industria cárnica también está en expansión, integrando la producción de granos como maíz y soja para agregar valor (Sector Carnes y Derivados, 2023).

Sin embargo, la expansión de estos sectores puede llevar a la deforestación y a la degradación de los recursos hídricos, lo que podría afectar negativamente la sostenibilidad a largo plazo y la seguridad alimentaria (Situación de Paraguay con Respecto a la Producción de Soja y Carne, 2018)

Por último, la gestión sostenible del agua es crucial para garantizar la seguridad alimentaria y el desarrollo económico a largo plazo. La sobreexplotación del Acuífero Guaraní podría llevar a una crisis hídrica que afectaría negativamente a la producción agrícola y ganadera, y, por ende, a la economía del país.

3.3. Marco legal

El Acuífero Guaraní es uno de los mayores reservorios de agua dulce subterránea a nivel mundial, extendiéndose por Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay. Su gestión sostenible es esencial para garantizar la disponibilidad de este recurso para las generaciones presentes y futuras. En este contexto, se han establecido diversos marcos legales y acuerdos internacionales que regulan su uso y protección.

En agosto de 2010, los cuatro países firmaron el Acuerdo sobre el Acuífero Guaraní, que establece un marco de cooperación para la gestión sostenible del acuífero. Este acuerdo promueve el uso racional y equitativo del recurso, previniendo daños ambientales y fomentando la investigación científica y la participación pública en su gestión. El acuerdo entró en vigor en 2020, consolidando el compromiso regional con la protección del acuífero (Acuerdo sobre el Acuífero Guaraní, 2010).

En cuanto a la legislación nacional de Paraguay, se destaca la Ley N° 6037/2018, que aprueba el Acuerdo sobre el Acuífero Guaraní, reafirmando el compromiso del país con la gestión sostenible del recurso. Esta ley reconoce al acuífero como un recurso hídrico transfronterizo y establece la necesidad de una gestión coordinada con los países vecinos.

Además, la Ley N° 3239/2007 "De los Recursos Hídricos del Paraguay" regula la gestión sustentable e integral de todas las aguas y los territorios que las producen en el país. Esta normativa establece principios para el uso sostenible del agua, considerando su importancia social, económica y ambiental.

Por otra parte, la Ley N° 1561/2000 "Que crea el Sistema Nacional del Ambiente, el Consejo Nacional del Ambiente y la Secretaría del Ambiente" instituye el marco para la protección ambiental en Paraguay, creando organismos responsables de coordinar y supervisar las políticas ambientales, incluyendo la gestión de recursos hídricos.

Asimismo, la Ley N° 294/1993 "De Evaluación de Impacto Ambiental" obliga a la realización de estudios de impacto ambiental para proyectos que puedan afectar el medio ambiente, garantizando que las actividades relacionadas con los recursos hídricos se realicen de manera sostenible.

La Ley N° 352/1994 "De Áreas Silvestres Protegidas" establece la protección de áreas naturales, algunas de las cuales pueden estar ubicadas en zonas de recarga del Acuífero Guaraní, contribuyendo a la conservación de este recurso hídrico.

Finalmente, la Ley N° 716/1995 "Que sanciona delitos contra el medio ambiente" tipifica y establece sanciones para acciones que dañen el medio ambiente, incluyendo la contaminación de recursos hídricos, protegiendo indirectamente al Acuífero Guaraní.

Entre las iniciativas complementarias, se destaca el Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní, que busca consolidar el conocimiento científico y técnico sobre el acuífero, desarrollar un marco de manejo conjunto y promover la educación ambiental. Su objetivo es fortalecer las bases técnicas y sociales necesarias para la sostenibilidad del acuífero (Ministerio de Relaciones Exteriores, 2020).

En conjunto, estos acuerdos y leyes establecen un marco integral para la gestión y protección del Acuífero Guaraní, asegurando su uso sostenible y la preservación de este valioso recurso natural para las futuras generaciones.

4. Materiales y métodos

La presente investigación adoptó un enfoque cualitativo, fundamentado en un diseño no experimental debido a que no se manipularon variables para observar su reacción. Este enfoque permitió analizar y describir las implicaciones económicas y ambientales de la explotación del Acuífero Guaraní en la agroindustria de soja y carne en Paraguay, abordando tanto sus desafíos de sostenibilidad como sus efectos económicos. La investigación se clasificó como descriptiva, con un corte explicativo, ya que analizó los factores causales relacionados con la sobreexplotación del acuífero y el impacto de las actividades productivas.

El diseño metodológico fue de carácter bibliográfico y documental, sustentado en el análisis de fuentes de organismos nacionales e internacionales reconocidos, como el Parlamento del Mercosur (Parlasur), el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Fundación Aquae. Además, se incluyeron estudios de casos y datos relevantes de entidades privadas como Cargill, ADM, Bunge, entre otros actores clave en la producción de soja y carne en Paraguay.

El proceso metodológico de esta investigación se desarrolló en tres etapas principales que garantizaron un enfoque riguroso y sistemático.

En la recolección de datos, se accedió a plataformas oficiales, bases de datos gubernamentales y repositorios internacionales como Scielo, Redalyc y la FAO, con el propósito de recopilar información actualizada sobre el Acuífero Guaraní y su relación con la producción agroindustrial. Además, se consultaron artículos científicos y publicaciones especializadas que examinan la huella hídrica de la agroindustria y su impacto en los recursos subterráneos.

Posteriormente, en la etapa de selección y clasificación de información, los datos recolectados fueron organizados en tres ejes temáticos principales: sostenibilidad del acuífero, impacto del uso del agua en la producción de soja y carne, y efectos económicos de estas actividades en Paraguay. Asimismo, se incluyeron estadísticas oficiales relacionadas con exportaciones y huella hídrica de los principales productores de carne y soja en la región, lo que permitió estructurar el análisis de manera clara y precisa.

Finalmente, en el análisis crítico, se aplicó un enfoque interpretativo para contrastar las perspectivas institucionales con investigaciones científicas independientes. Esto permitió evaluar políticas de manejo sostenible del agua, así como integrar recomendaciones basadas en modelos internacionales aplicables al contexto local. La integración de estas perspectivas enriqueció el análisis y proporcionó una visión comprensiva de los desafíos y oportunidades en torno al manejo sostenible del Acuífero Guaraní.

Estas etapas garantizan un marco sólido y replicable para abordar las relaciones entre sostenibilidad hídrica, agroindustria y economía en el contexto paraguayo.

5. Resultados y discusión

El Sistema Acuífero Guaraní (SAG) es uno de los mayores reservorios de agua dulce subterránea a nivel mundial, con un papel crucial en el abastecimiento hídrico, el equilibrio ambiental y el desarrollo socioeconómico de América del Sur. La tabla presentada proporciona una visión cuantitativa de sus características fundamentales, incluyendo dimensiones geográficas, índices hidrológicos y reservas disponibles. Estos datos son esenciales para comprender la magnitud y la importancia estratégica de este recurso, así como las limitaciones asociadas a su sostenibilidad.

Tabla 1

Valores Estimativos sobre el Sistema Acuífero Guaraní

<i>Dimensiones</i>	
Área total	1.150.000 Km ²
Área de recarga	150.000 Km ²
Área confinada	1.000.000 Km ²
Espesor medio	250.000 Km ²
<i>Índices Hidrológicos</i>	
Precipitación media	1.500 mm
Recarga natural	160 Km ³ /año
Permeabilidad	3 m/día
Porosidad eficaz	15%
Coefficiente de almacenamiento	10 ⁻⁴
<i>Reservas</i>	
Almacenada	37.000 Km ³
Activa	60 Km ³ /año
Explotable	40 Km ³ /año

Fuente:Albuquerque Rocha, 1996, citado por (Larroza & Fariña, 2001)

El Sistema Acuífero Guaraní (SAG), con una extensión de 1.150.000 km², es una de las mayores reservas de agua dulce del mundo, abarcando partes de Paraguay, Argentina, Brasil y Uruguay. La zona de recarga, clave para la renovación del recurso, cubre 150.000 km², mientras que 1.000.000 km² corresponde a áreas confinadas, donde

el agua está protegida por capas impermeables. La recarga natural, estimada en 160 km³/año, refleja su capacidad de regeneración, pero la explotación sostenible se limita a 40 km³/año, lo que subraya su vulnerabilidad ante usos intensivos.

El SAG es vital para actividades agroindustriales como la producción de soja y carne, pilares económicos del país, pero estas presionan las reservas hídricas, aumentando el riesgo de agotamiento. El Acuerdo sobre el Acuífero Guaraní, en vigor desde 2020, busca garantizar su gestión sostenible, promoviendo la cooperación regional y la protección de este recurso estratégico para el desarrollo sostenible.

Determinación del impacto del uso del agua en la producción de carne y soja sobre la sostenibilidad del Acuífero Guaraní y sus consecuencias económicas.

La producción de soja y carne en Paraguay ejerce una presión significativa sobre el Sistema Acuífero Guaraní (SAG), una de las mayores reservas de agua dulce subterránea del mundo. Este recurso es crucial para la sostenibilidad ambiental y económica del país. La expansión de estas actividades agroindustriales, aunque vital para el Producto Interno Bruto (PIB) y las exportaciones, plantea desafíos serios para la gestión hídrica sostenible.

La producción de soja y carne en Paraguay representa el 25% del Producto Interno Bruto (PIB) y el 65% de las exportaciones totales, consolidando al país como uno de los principales exportadores mundiales en ambos rubros. Este informe, elaborado en el marco de la Iniciativa de Transformación de Mercado de WWF-Paraguay, analiza las implicancias de estas actividades en términos sociales, económicos y ambientales (WWF/ID, 2016).

Producción de Soja

La soja es un cultivo estratégico en Paraguay, con un aumento del 345,8% en la superficie cultivada entre 1991 y 2008, y un crecimiento en producción del 511,2%. Este desarrollo se asocia al uso de tecnología avanzada, como la siembra directa y semillas transgénicas resistentes a herbicidas. Actualmente, Paraguay es el cuarto exportador mundial de soja, con la mayor parte destinada a China y Europa y produce alrededor de 8,800 millones de kg de soja anualmente, con un rendimiento promedio de 2,854 kg/ha.(WWF/ID, 2016).

Sin embargo, esta expansión ha generado impactos negativos. La conversión de bosques en tierras agrícolas ha resultado en la pérdida de biodiversidad y servicios ecosistémicos, siendo los departamentos de Itapúa y Alto Paraná los más afectados. Además, el uso intensivo de agroquímicos ha contaminado recursos hídricos y puesto en riesgo la salud pública en comunidades locales.

La discusión que plantea estos datos se observa en que la expansión del cultivo de soja en Paraguay ha impulsado el crecimiento económico y ha posicionado al país como un actor clave en el mercado internacional de granos. Sin embargo, este desarrollo ha venido acompañado de desafíos ambientales y sociales significativos. Es esencial que se implementen políticas y prácticas agrícolas sostenibles que equilibren el desarrollo económico con la conservación del medio ambiente y el bienestar de las

comunidades locales. La adopción de tecnologías más limpias, la regulación estricta del uso de agroquímicos y la protección de los recursos hídricos son pasos fundamentales hacia una producción de soja más sostenible y equitativa.

Producción de Carne

Paraguay cuenta con un hato ganadero significativo, con una distribución aproximada del 60% en la Región Oriental y el 40% en la Región Occidental o Chaco. Dentro de la Región Oriental, los departamentos de San Pedro, Concepción y Amambay destacan por su alta concentración de ganado vacuno, lo que subraya su importancia en la producción cárnica nacional (PNAPS, 2023).

La discusión planteada sobre estas informaciones indica que la producción de carne en Paraguay, especialmente en los departamentos de San Pedro, Concepción y Amambay, es fundamental para la economía nacional. Sin embargo, la significativa huella hídrica asociada a esta actividad plantea desafíos en términos de sostenibilidad ambiental y gestión de recursos. La adopción de prácticas sostenibles y una gestión eficiente del agua son esenciales para garantizar que la producción cárnica continúe siendo una fuente de desarrollo económico sin comprometer los recursos naturales y el bienestar de las comunidades locales.

Aspectos económicos y ambientales

El impacto ambiental de la producción de soja y carne es significativo. La deforestación, principalmente en la Región Oriental, y la degradación de pastizales en la Región Occidental han reducido la capacidad de los ecosistemas para regenerarse. Además, el uso de agroquímicos en la soja y el manejo insostenible de recursos hídricos en la ganadería contribuyen a la contaminación del agua y la degradación del suelo (WWF/ID, 2016).

El Sistema Acuífero Guaraní, una de las mayores reservas de agua dulce del mundo, enfrenta presiones crecientes debido al uso intensivo del agua para la agroindustria. La explotación de este recurso supera los límites sostenibles, poniendo en riesgo su capacidad de regeneración y su rol como fuente de agua para las comunidades locales.

Aspectos económicos y sociales

A nivel económico, la soja y la carne generan importantes ingresos por exportaciones. Sin embargo, la contribución al empleo es limitada en comparación con la expansión territorial de estas actividades. En el caso de la soja, se estima que emplea a una persona por cada 200 hectáreas, mientras que la ganadería presenta mejores indicadores de generación de empleo (WWF/ID, 2016).

En términos sociales, la concentración de tierras y el desplazamiento de comunidades campesinas e indígenas han intensificado la desigualdad rural. La agricultura familiar, crucial para la seguridad alimentaria, ha disminuido frente a la agricultura empresarial, enfocada en monocultivos de exportación.

La sostenibilidad del Acuífero Guaraní con el transcurrir del tiempo por efecto de

la actividad agropecuaria

A continuación, se presenta una tabla que resume la evolución de la sostenibilidad del Acuífero Guaraní en la Región Oriental de Paraguay, considerando el impacto de la actividad agropecuaria en diferentes períodos:

Tabla 2

Evolución de la sostenibilidad del acuífero guaraní

Período	Características de la Actividad Agropecuaria	Impacto en el Acuífero Guaraní	Medidas de Sostenibilidad Implementadas
Décadas de 1970-1980	<ul style="list-style-type: none"> - Agricultura y ganadería tradicionales con técnicas de bajo impacto. - Uso limitado de agroquímicos y maquinaria. 	<ul style="list-style-type: none"> - Extracción de agua subterránea en niveles sostenibles. - Mínima contaminación de acuíferos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Prácticas agrícolas convencionales sin enfoque específico en sostenibilidad hídrica.
Décadas de 1990-2000	<ul style="list-style-type: none"> - Introducción de cultivos comerciales, especialmente soja. - Aumento en el uso de agroquímicos y expansión de la frontera agrícola. 	<ul style="list-style-type: none"> - Incremento en la extracción de agua para riego. - Contaminación de aguas subterráneas por agroquímicos. - Deforestación afectando áreas de recarga del acuífero. 	<ul style="list-style-type: none"> - Inicios de programas de concienciación ambiental. - Implementación limitada de prácticas sostenibles.
Décadas de 2010-2020	<ul style="list-style-type: none"> - Agricultura intensiva y ganadería a gran escala. - Uso masivo de agroquímicos y técnicas de monocultivo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sobreexplotación del acuífero en ciertas áreas. - Aumento de la contaminación por nitratos y pesticidas. - Reducción en la capacidad de recarga natural. 	<ul style="list-style-type: none"> - Implementación de proyectos piloto de protección ambiental en áreas críticas, como Itapúa. - Participación en iniciativas regionales para la gestión sostenible del SAG.
Década de 2020 en adelante	<ul style="list-style-type: none"> - Continuación de prácticas agropecuarias intensivas. - Mayor conciencia sobre la sostenibilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> - Persistencia de desafíos en la calidad y cantidad del agua del acuífero. - Necesidad de equilibrar producción 	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de marcos de gestión conjunta para el SAG. - Promoción de prácticas agrícolas sostenibles y

agropecuaria con conservación hídrica.	protección de áreas de rec
---	-------------------------------

Fuente: Secretaría del Ambiente. (2014, 4 de abril). *Plan piloto para proteger área del Acuífero Guaraní en Itapúa.*

Se puede producir una disminución de los niveles de agua del Acuífero Guaraní en áreas con gran actividad agropecuaria. La utilización excesiva para riego puede afectar de forma significativa reduciendo la recarga natural del acuífero.

También el uso de contaminantes como nitratos y pesticidas pueden afectar al agua subterránea. Estos contaminantes provienen principalmente del uso de fertilizantes y productos químicos en la agricultura.

Otro factor a considerar es la deforestación para expandir tierras agrícolas que ha alterado los ecosistemas locales, reduciendo la biodiversidad y afectando la capacidad del suelo para retener agua. Esto ha contribuido a una menor recarga del acuífero y a un aumento de la escorrentía superficial.

Por lo que la sobreexplotación del Acuífero Guaraní para fines agrícolas plantea un desafío significativo para su sostenibilidad. La extracción de agua a un ritmo superior al de su recarga natural puede llevar a una disminución permanente de los niveles de agua, afectando tanto a las comunidades locales como a los ecosistemas dependientes del acuífero.

Es de esperar que, la presencia de contaminantes en el agua subterránea no solo afecta la calidad del agua, sino que también representa un riesgo para la salud pública.

Por lo tanto, es necesario el abordaje de estos desafíos, por lo que es crucial implementar prácticas agrícolas sostenibles que reduzcan la dependencia del agua subterránea y minimicen el uso de productos químicos. Esto incluye técnicas de riego más eficientes, la rotación de cultivos y el uso de fertilizantes orgánicos.

De allí que, la gestión sostenible del Acuífero Guaraní requiere una cooperación efectiva entre los países que lo comparten. La implementación de políticas transfronterizas y la creación de un marco regulatorio común pueden ayudar a asegurar la protección y el uso sostenible del acuífero.

La expansión de la agricultura, especialmente de monocultivos como la soja, y la ganadería han incrementado significativamente la demanda de agua subterránea. Por ejemplo, la soja requiere entre 2,000 y 3,000 litros de agua por kilogramo producido, mientras que la producción de carne de res puede demandar hasta 15,000 litros por kilogramo. Estas actividades no solo aumentan la extracción de agua, sino que también generan contaminación, principalmente por el uso de agroquímicos como pesticidas y fertilizantes. Este problema es particularmente crítico en las subcuencas de los ríos Paraná, Monday y Acaray (Larroza & Fariña, 2001).

A largo plazo, si no se implementan medidas sostenibles, Paraguay podría enfrentar una crisis hídrica que afectaría tanto la disponibilidad como la calidad del agua subterránea. Esto tendría consecuencias económicas significativas, ya que la

agricultura y la ganadería representan una parte importante del PIB y las exportaciones del país. Por lo tanto, es crucial adoptar prácticas agrícolas sostenibles, como la rotación de cultivos y el uso eficiente del agua, así como fortalecer la cooperación regional para garantizar la protección de este valioso recurso natural (Larroza & Fariña, 2001)

Análisis visual y cuantitativo complementario

Mapas de distribución geográfica del Acuífero Guaraní

El Sistema Acuífero Guaraní se extiende en el territorio paraguayo, especialmente en la Región Oriental, abarcando los departamentos de Itapúa, Alto Paraná, Canindeyú, Caaguazú, Guairá, Caazapá y Misiones, siendo los departamentos de Caaguazú y Alto Paraná las zonas de recarga más activas.



Figura 1. Distribución del Acuífero Guaraní en Paraguay. *Distribución geográfica del Acuífero Guaraní en Paraguay.* Adaptado de BGR & SEAM (2007).

El acuífero cubre un área aproximada de 1.200.000 km² en América del Sur, distribuida entre Brasil (70%), Argentina (19%), Paraguay (6%) y Uruguay (5%).

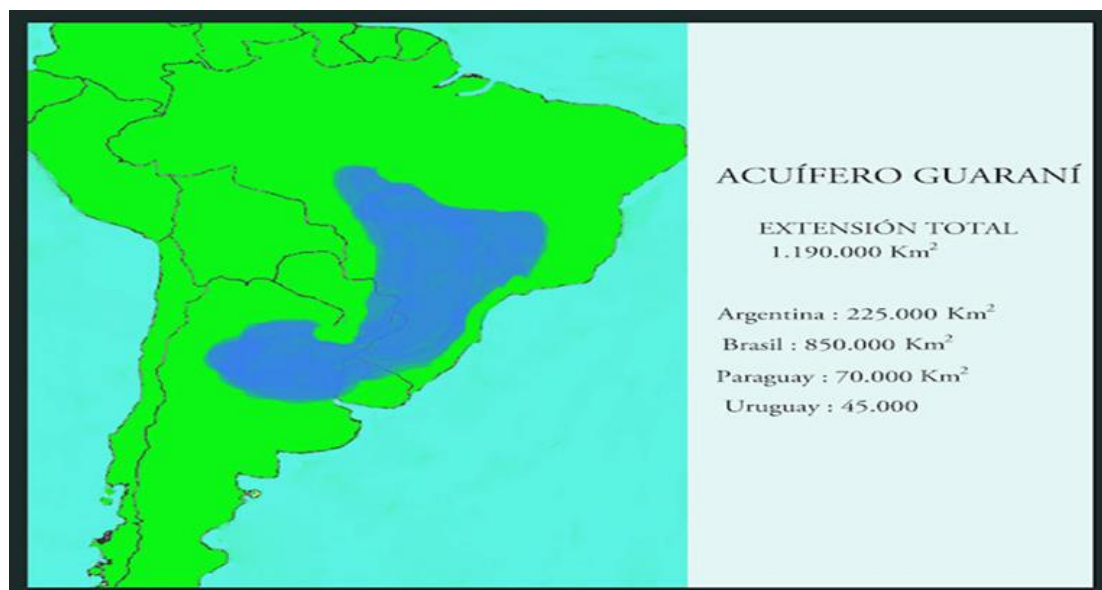


Figura 2. Extensión regional del Acuífero Guaraní. *Extensión regional del Sistema Acuífero Guaraní.* Adaptado de Amore (2002).

Tabla 3

Comparativa: uso hídrico por rubro productivo

Producto	Litros de agua por kg	Producción estimada anual (kg)	Consumo hídrico anual (litros)
Soja	2.000–3.000	8.800.000.000	17.600–26.400 millones
Carne bovina	10.000–15.000	500.000.000	5.000–7.500 millones

Consumo de agua estimado por unidad de producción en Paraguay. Elaboración propia con datos de WWF/ID (2016) y Ecoportal (2023).

La soja requiere menos agua por kilogramo que la carne, 5 veces menos, mostrando una mayor eficiencia relativa.

A pesar de su eficiencia, la enorme escala de producción de soja implica un consumo total de agua hasta cinco veces mayor al de la carne.

La carne bovina, además de demandar más agua por unidad, conlleva impactos como emisiones de metano y uso extensivo de tierras. La soja, aunque más eficiente, puede asociarse a deforestación y agotamiento de nutrientes del suelo.

En el contexto del Acuífero Guaraní, este análisis permite comprender cómo las decisiones productivas pueden comprometer su equilibrio:

La alta demanda de agua agrava la presión sobre un recurso cuya recarga ya está en descenso en zonas clave como Caaguazú e Itapúa.

La elección de modelos productivos debe considerar no solo el rendimiento económico, sino también su huella hídrica y ecológica.

Tabla 4

Precipitación y recarga del SAG en zonas agrícolas

Departamento	Promedio anual de precipitación (mm)	Zonas de recarga activa	Tendencia (1990–2023)
Caaguazú	1.600	Alta	Disminución leve
Itapúa	1.700	Alta	Disminución moderada
Alto Paraná	1.800	Alta	Altamente variable

Precipitación anual promedio y vulnerabilidad hídrica. Fuente: INE (2023); Donadelli Sacchi et al. (2024).

Las tendencias de precipitación en Caaguazú, aunque presenta una disminución leve, cualquier reducción sostenida podría afectar su capacidad de recarga si no se implementan prácticas de conservación de suelo y agua.

En el caso de Itapúa, la disminución es moderada y sugiere una pérdida progresiva de disponibilidad hídrica superficial y subterránea si esta tendencia continúa.

Mientras que, en Alto Paraná, a pesar de tener el mayor promedio de lluvia, su carácter altamente variable lo vuelve menos confiable para la recarga estable, con periodos potenciales de sequía e intensas lluvias que dificultan la infiltración efectiva.

La combinación de alta recarga natural con tendencias disminuyentes o inestables en la precipitación podría derivar en un déficit progresivo de recarga efectiva si no se acompaña con políticas de manejo hídrico adaptativo.

Esto incluye prácticas como la reforestación en zonas de recarga, conservación del suelo, monitoreo climático y regulación del uso del agua en actividades agrícolas e industriales.

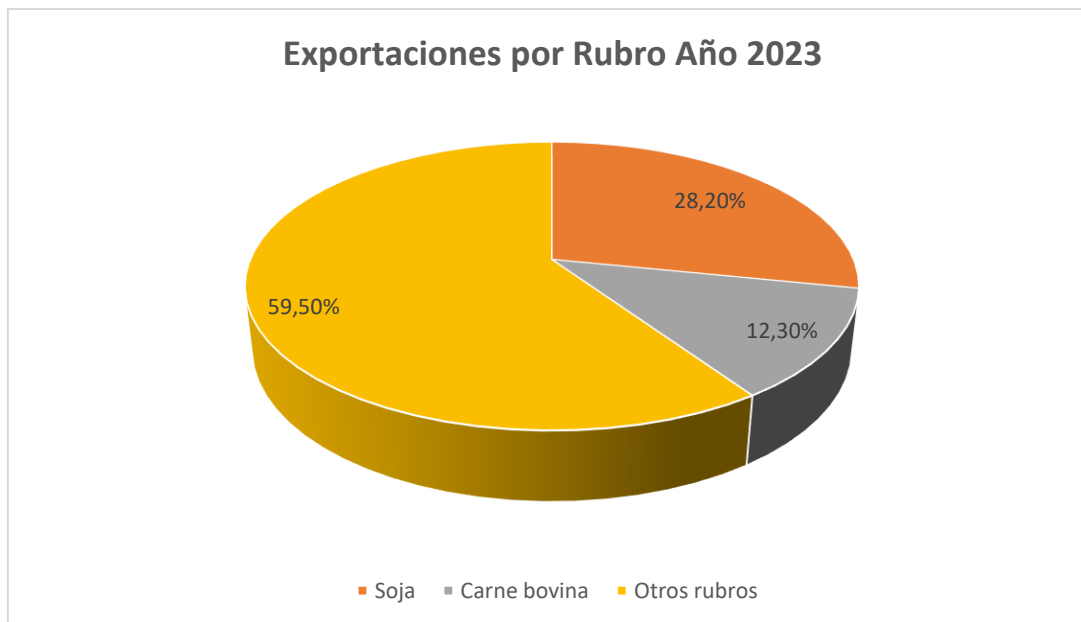


Gráfico 1. Exportaciones por rubro 2023. Participación porcentual de las exportaciones paraguayas por rubro, año 2023. Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas (2024).

6. Contribuciones de la investigación

Esta investigación aporta un análisis integral sobre la sostenibilidad del Acuífero Guaraní, enfocándose en los impactos del uso del agua en la producción de carne y soja en Paraguay, así como en las implicancias económicas de estas actividades.

La investigación amplía la comprensión del Acuífero Guaraní, resaltando su importancia como una de las mayores reservas de agua dulce del mundo y su relación con las actividades humanas. Establece una conexión directa entre la producción agroindustrial y la presión ejercida sobre este recurso hídrico, proporcionando datos cuantitativos relevantes sobre la huella hídrica de la carne y la soja.

El estudio identifica los riesgos asociados a la sobreexplotación del acuífero, incluyendo la disminución de su capacidad de recarga y la contaminación por agroquímicos. Además, propone estrategias concretas para mitigar estos impactos, como la implementación de prácticas agrícolas sostenibles, la protección de las áreas de recarga y el uso eficiente del agua en la agroindustria.

Los hallazgos ofrecen una base sólida para el diseño de políticas públicas orientadas a la gestión sostenible del agua. Resalta la necesidad de fortalecer acuerdos internacionales, como el "Acuerdo sobre el Acuífero Guaraní", y promover la cooperación regional en la protección de este recurso vital.

La investigación sensibiliza sobre la importancia de equilibrar el desarrollo económico con la sostenibilidad ambiental. Además, pone en evidencia los riesgos

sociales asociados a la escasez hídrica, como el impacto en las comunidades locales y la afectación a la salud pública por contaminación del agua.

Analiza cómo la disponibilidad de agua influye en la sostenibilidad de los sectores agroindustriales, clave para la economía paraguaya. Propone diversificar los cultivos y reducir la dependencia de actividades con alta huella hídrica para fomentar un modelo económico más resiliente.

El estudio establece líneas de investigación para explorar tecnologías de uso eficiente del agua y modelos de gobernanza hídrica. También ofrece un marco metodológico replicable para estudiar la sostenibilidad de otros acuíferos.

7. Conclusiones

La sostenibilidad del Sistema Acuífero Guaraní (SAG) enfrenta serios desafíos debido a la creciente presión que ejercen las actividades agroindustriales, especialmente la producción de soja y carne, en Paraguay. Este acuífero, reconocido como una de las mayores reservas de agua dulce subterránea del mundo, desempeña un papel esencial en el abastecimiento hídrico, el desarrollo económico y el equilibrio ambiental de América del Sur. Sin embargo, el impacto acumulativo de la expansión agroindustrial y la sobreexplotación del recurso plantea amenazas significativas para su capacidad regenerativa y su rol como soporte estratégico para las generaciones presentes y futuras.

En relación con el primer objetivo específico, se concluye que el uso intensivo del agua en la producción de soja y carne genera riesgos para la sostenibilidad del acuífero. La producción de soja, que requiere entre 2,000 y 3,000 litros de agua por kilogramo, y de carne, que demanda hasta 15,000 litros por kilogramo, subraya el alto costo hídrico de estas actividades. Aunque estas industrias contribuyen significativamente al Producto Interno Bruto (PIB) y representan más del 65% de las exportaciones totales de Paraguay, su expansión no regulada ha llevado a una sobreexplotación de los recursos hídricos y a una contaminación significativa, principalmente por el uso masivo de agroquímicos como pesticidas y fertilizantes. Estas prácticas no solo afectan la calidad del agua, sino también su disponibilidad, amenazando la sostenibilidad económica a largo plazo.

En términos del segundo objetivo específico, la sostenibilidad del SAG a lo largo del tiempo está condicionada por varios factores, entre ellos, la recarga natural insuficiente y la deforestación de áreas de recarga. La expansión de la frontera agrícola y ganadera ha alterado los ecosistemas locales, reduciendo la capacidad de retención de agua del suelo y aumentando la escorrentía superficial. Esto, sumado al cambio

climático, exagera la vulnerabilidad del acuífero frente a la creciente demanda de agua. La implementación de prácticas agrícolas sostenibles y políticas públicas orientadas a la gestión racional del agua resulta imprescindible para revertir esta tendencia.

Si Paraguay no adopta medidas correctivas, el país podría enfrentar una crisis hídrica en el mediano y largo plazo. Las consecuencias incluirían la disminución de la disponibilidad de agua para usos agrícolas, urbanos e industriales, comprometiendo la estabilidad económica y la seguridad alimentaria. Además, la calidad del agua podría deteriorarse aún más, afectando la salud pública y los ecosistemas dependientes del SAG.

Las estrategias necesarias para enfrentar estos desafíos incluyen la adopción de técnicas de riego más eficientes, la rotación de cultivos, la utilización de fertilizantes orgánicos y el fortalecimiento de la cooperación transfronteriza para la gestión integral del acuífero. También es crucial establecer sistemas de monitoreo del uso del agua y desarrollar marcos regulatorios que promuevan prácticas sostenibles en la producción agropecuaria.

En síntesis, la protección y gestión sostenible del Acuífero Guaraní no solo son esenciales para garantizar la disponibilidad de agua, sino que también representan una oportunidad para posicionar a Paraguay como un líder regional en el desarrollo sostenible. Esto requerirá un esfuerzo conjunto entre actores gubernamentales, productores agroindustriales y la sociedad civil para equilibrar las necesidades económicas con la conservación ambiental y asegurar un futuro hídrico sostenible para el país.

Referencias

- 5DIAS. (2024). Un panorama desafiante del sector oleaginoso al cierre de este 2024. *5Días*. Recuperado de <https://www.5dias.com.py/editorial/un-panorama-desafiante-del-sector-oleaginoso-al-cierre-de-este-2024>
- ABC. (2024, 5 de diciembre). Chile y Filipinas avanzan en su auditoría a la industria cárnica nacional y generan gran expectativa. *ABC Color*. Recuperado de <https://www.abc.com.py/negocios/2024/12/05/chile-y-filipinas-avanzan-en-su-auditoria-a-la-industria-carnica-nacional-y-generan-gran-expectativa/>
- Amore, L. (2002). Mapa del Sistema Acuífero Guaraní. Proyecto SAG.
- Acuerdo sobre el Acuífero Guaraní. (2010). Suscrito por la República Argentina, la República Federativa del Brasil, la República del Paraguay y la República Oriental del Uruguay en la ciudad de San Juan, República Argentina. Recuperado de https://www.internationalwaterlaw.org/documents/regionaldocs/Guarani_Aquifer_Agreement-Spanish.pdf
- Araque Arellano, M. (2022). *Diseño hidráulico de plantas de tratamiento de agua potable*. Quito, Ecuador: Editorial Abya-Yala.
- Asociación de Academias de la Lengua Española. (s.f.). Sostenible. En *Diccionario de la lengua española* (23.^a ed.). Recuperado el 20 de mayo de 2022, de <https://dle.rae.es/sostenible>
- Asociación de Academias de la Lengua Española. (2024). Análisis. En *Diccionario de la lengua española* (23.^a ed.). Recuperado de <https://dle.rae.es/análisis>
- Balsevich, N. R. (s.f.). Aprobación del reporte por el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible Agosto 2020. *Ambiente y Desarrollo*, 57.
- BGR – Servicio Geológico Federal Alemán & SEAM – Secretaría del Ambiente. (2007). Anexo 2: Mapas. Proyecto SAG-PY.
- Biodiversidad. (2011). A la conquista del Acuífero Guaraní. Recuperado el 4 de septiembre de 2024, de https://www.biodiversidadla.org/Principal/Prensa/A_la_conquista_del_acuifero_Guarani
- Caballero Chávez, C. P., & Fernández Long, M. E. (2023). *Aproximaciones al cambio climático: tendencias históricas en Paraguay*. Revista de la Sociedad Científica del Paraguay, 28(2). [Artículo completo en SciELO Paraguay](#)

- Caviglia, O. P., & Papparotti, O. (2000). Consumo hídrico del cultivo de soja en Zavalla. Universidad Nacional de Rosario. Recuperado de <https://fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/31/2AM31.htm>
- Dirección de Meteorología e Hidrología de Paraguay (DMH). Publica anualmente los datos de precipitación y temperatura por departamento. [Anuario Climatológico 2023 – DMH](#)
- Donadelli Sacchi, M., Manzione, R., & Gastmans, D. (2024). Isotopes in Environmental and Health Studies, 60(4), 400–416. <https://doi.org/10.1080/10256016.2024.2397469>
- Donadelli Sacchi, M., Lilla Manzione, R., & Gastmans, D. (2024). How much rainwater contributes to a spring discharge in the Guarani Aquifer System: Insights from stable isotopes and a mass balance model. *Isotopes in Environmental and Health Studies*, 60(4), 400–416. <https://doi.org/10.1080/10256016.2024.2397469>
- Ecología Útil. (2024). Acuífero Guaraní: La reserva de agua más grande del mundo. Recuperado el 5 de agosto de 2024, de <https://ecologiautil.com/acuifero-guarani/>
- Ecoportal. (2023). El impacto ambiental del consumo de carne, por especie. Recuperado el 9 de septiembre de 2024, de <https://www.ecoportal.net/alimentacion/consumo-de-carne/>
- Enciclopedia Concepto. (2024). Producción. Recuperado el 23 de agosto de 2024, de <https://concepto.de/produccion/>
- Enciclopedia Significados. (2024). Análisis. Recuperado el 20 de agosto de 2024, de <https://www.significados.com/analisis/>
- Engormix. (2023). Huella hídrica de la carne bovina. Recuperado de https://www.engormix.com/lecheria/consumo-agua-bovinos/huella-hidrica-agua-carne_a50230/
- Facultad de Ciencias de la Alimentación – UNER. (s.f.). El impacto ambiental de la producción de carnes. Recuperado de <https://www.fcal.uner.edu.ar/el-impacto-ambiental-de-la-produccion-de-carnes/>
- Gastmans, D. (2024). Estudio del Instituto de Geociencias de la UNESP (Brasil) sobre la baja reposición del acuífero. [Artículo de Agência Brasil](#)
- GESTIÓN DEL AGUA POTABLE EN CAAGUAZÚ: ANÁLISIS MULTIDIMENSIONAL ENFOCADO EN LA ORGANIZACIÓN, CALIDAD, EFICIENCIA OPERATIVA Y SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL, AÑO 2023.

<https://www.unae.edu.py/ojs/index.php/saetauniversitaria/article/view/461>

Instituto Nacional de Estadística. (2023). Serie histórica de precipitaciones departamentales. Recuperado el 25 de junio de 2025 de <https://datos.gov.py>

Jesús Romo, V. D. (2016). ¿Ciencia económica o el arte de hacer economía? Metodología científica y replicaciones en economía. *Investigación Económica*, 75(296), 73–110. <https://doi.org/10.1016/j.inveco.2016.07.004>

Larroza, F., & Fariña, S. (2001). Consideraciones preliminares del Acuífero Guaraní en el Paraguay Oriental. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/306033684_CONSIDERACIONES_PRELIMINARES_DEL_ACUIFERO_GUARANI_EN_EL_PARAGUAY_ORIENTAL

Ley N° 294. (1993). De Evaluación de Impacto Ambiental. Promulgada el 14 de diciembre de 1993. Recuperado de <https://www.mades.gov.py/leyes/>

Ley N° 352. (1994). De Áreas Silvestres Protegidas. Promulgada el 24 de junio de 1994. Recuperado de <https://www.mades.gov.py/leyes/>

Ley N° 716. (1995). Que sanciona delitos contra el medio ambiente. Promulgada el 15 de diciembre de 1995. Recuperado de <https://www.mades.gov.py/leyes/>

Ley N° 1561. (2000). Que crea el Sistema Nacional del Ambiente, el Consejo Nacional del Ambiente y la Secretaría del Ambiente. Promulgada el 16 de enero de 2000. Recuperado de <https://www.mades.gov.py/leyes/>

Ley N° 3239. (2007). De los Recursos Hídricos del Paraguay. Promulgada el 2 de noviembre de 2007. Recuperado de <https://www.bacn.gov.py/leyes-paraguayas/2724/de-los-recursos-hidricos-del->

Ley N° 6037. (2018). Que aprueba el Acuerdo sobre el Acuífero Guaraní. Promulgada el 10 de abril de 2018. Recuperado de <https://www.bacn.gov.py/leyes-paraguayas/9691/ley-n-6037-aprueba-el-acuerdo-sobre-el-acuifero-guarani>

Mercosur. (2017). Acuífero Guaraní: Estratégico para el derecho humano al agua y desarrollo del MERCOSUR. Recuperado de <https://www.parlamentomercosur.org/innovap>

Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES), Paraguay (2025). Entrevista sobre los riesgos de sequía y sobreexplotación del acuífero. [Informe en El Nacional](#)

Ministerio de Economía y Finanzas. (2024). Reporte de Comercio Exterior (RCE). <https://www.economia.gov.py>

WWF/ID. (2016). Impacto de la producción de soja y carne en Paraguay. Asunción, Paraguay.

Anexos

ABREVIATURAS UTILIZADAS

UNA: Universidad Nacional de Asunción

SAG: Sistema Acuífero Guaraní

ID: Investigación para el Desarrollo

WWF: World Wildlife Fund

MRE: Ministerio de Relaciones Exteriores

ASALE: Asociación de Academias de la Lengua Española

RAE: Real Academia Española

ONU: Organización de las Naciones Unidas

PIB: Producto Interno Bruto

Parlasur: Parlamento del Mercosur

MADES: Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

ADM: Archer Daniels Midland Company

Contribución del autor

José Luis Caballero Estigarribia participó en la concepción y diseño del estudio, la recolección de datos, el análisis e interpretación de resultados, redacción del manuscrito, edición final del artículo.

Agradecimientos

"El autor agradece los valiosos comentarios, sugerencias, observaciones, revisiones críticas y la validación metodológica brindados por el *Lic. Blas Aniceto Cáceres Cayarí*, profesor del curso de *Geografía Económica* en la *Universidad Nacional de Asunción Filial Caaguazú*, que contribuyó a la mejora del presente manuscrito."

Financiamiento

"Este artículo se ha elaborado en el marco del proyecto de investigación Concurso de Investigación FCE-UNA 2024, financiado por la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Asunción, bajo la resolución del Consejo Directivo N° 39 del 11 de julio de 2023"

Conflicto de intereses

"El autor no presenta conflicto de interés con ninguna institución o entidad relacionada con el contenido del manuscrito."

Correspondencia

jcaballero650@eco.una.py

Trayectoria académica del autor

José Luis Caballero Estigarribia es Especialista en Didáctica Universitaria por la **Universidad Nacional de Asunción**, y Licenciado en Administración. Se desempeña como docente-investigador en la Facultad de Ciencias Económicas de la misma universidad. Actualmente está en proceso de publicar un artículo científico en una revista indexada sobre Análisis exploratorio de la sostenibilidad del Sistema Acuífero Guaraní ante la producción agroindustrial de soja y carne en Paraguay. Su principal línea de investigación es Administración de Recursos Naturales.