

NÚCLEO DISCIPLINARIO/SENSORAMIENTO REMOTO Y METEOROLOGIA APLICADA

**CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE LA CUENCA DEL RÍO  
ÑACUNDAY**

NATHALIA ANTONIA TOPPI ACOSTA<sup>1</sup>

Universidad nacional del este-Facultad de Ingeniería Agronómica/Alto Paraná/Ingeniera Ambiental

Pdte Franco/Paraguay

natytoppiacos@gmail.com<sup>1</sup>

---

RESUMEN

El estudio analiza algunas características morfométricas de la cuenca del río Ñacunday a través de parámetros de forma, relieve y red de drenaje, para establecer el comportamiento hidrológico, topográfico e hipsométrico, asociada a la morfodinámica de la cuenca. La metodología aplicada se basó en establecer y analizar los parámetros morfométricos mediante el uso de sistema de información geográfica y planillas de cálculo, a partir de un modelo digital de elevación e imágenes satelitales. Los resultados alcanzados definieron que la cuenca posee un área de 2544 km<sup>2</sup>, encontrándose en una etapa de madurez con un factor de forma ovalada a alargada, con un balance hídrico mayor a 1 considerada una cuenca con láminas de exceso de agua, también se observó en los cambios temporales del uso del suelo en los últimos 30 años áreas deforestadas ocupadas por la agricultura extensiva con problemas de erosión y se identificó una pequeña zona de área protegida del bosque atlántico del Alto Paraná.

**Palabras clave:**

Características Morfométricas, morfodinámica, cuenca, hipsométrico.

1. INTRODUCCIÓN

La caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas es una de las herramientas más importantes en el análisis hídrico, y tiene como propósito determinar índices y parámetros que permiten conocer la respuesta hidrológica de la misma que a su vez contribuye al manejo adecuado de la cuenca.

De acuerdo con **LOPEZ BLANCO, 1989** dicha herramienta puede servir también como análisis espacial ayudando en el manejo y planeación de los recursos naturales al permitirnos conocer diversos componentes como el tamaño de la cuenca, red de drenaje, pendiente, paisaje, etc.

Para obtener los diversos parámetros actualmente se utilizan como herramienta los sistemas de información geográfica que ayuda a producir diferentes escenarios dentro del proceso de caracterización morfométrica de cuencas donde se obtiene un diagnóstico útil para la planeación ambiental.

El **BANCO MUNDIAL, 1992** destaca que uno de los problemas ambientales de mayor significación que enfrentan los países en el mundo es la degradación, deterioro y el manejo inadecuado de las cuencas hidrográficas. Se ha inducido a la realización de estudios hidrológicos para reducir pérdidas de agua, recuperar volúmenes y mejorar eficiencias donde permite establecer políticas apropiadas y eficaces para el manejo sustentable del recurso hídrico y en tiempo real para la prevención de inundaciones.

El propósito del estudio es obtener y analizar los parámetros morfométricos de la cuenca del río Ñacunday mediante el procesamiento de información geográfica y así determinar el comportamiento hidrológico.

## 2. OBJETIVOS

### Objetivo General

- Analizar las características morfométricas de la cuenca del Río Ñacunday.

### Objetivos Específicos

- Determinar e interpretar los parámetros morfométricos de la cuenca del río Ñacunday.
- Describir el comportamiento hidrológico de la cuenca.
- Observar los cambios temporales del uso del suelo de la cuenca los últimos 30 años.

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 UBICACIÓN

El área de estudio corresponde a la cuenca del río Ñacunday ubicada en la región oriental del Paraguay con una superficie de 2.544 km<sup>2</sup> y un cauce hídrico principal (Río Ñacunday) de 120 kilómetros de longitud, afluente del río Paraná que se encuentra a unos 70 km de la capital departamental Ciudad del Este y a unos 394 km de Asunción. La cuenca se localiza en los departamentos de Alto Paraná, Caazapá e Itapúa y forman parte de la cuenca 9 distritos; Iruña, Ñacunday, Naranjal, San Cristobal, Santa Rita, Santa Rosa del Monday, Tavai, Abai y San Rafael del Paraná.

Esta cuenca abarca parte del Parque Nacional Ñacunday que constituye un área silvestre protegida (Decreto N° 16.146 del 18 de enero de 1993), donde se protege nacimiento de agua, arroyos, un tramo del Río Ñacunday y el Salto Ñacunday. También se caracteriza por ser una zona de aprovechamiento turístico que reúne una de las últimas muestras del bosque alto semicaducifolio, característicos del Alto Paraná. La actividad principal de la zona se enfoca en la agricultura.

Las coordenadas del área de la cuenca son: Límite superior 682690.21, límite inferior 686989.27, límite derecho 733089.66 y límite izquierdo 638064.57.

### 3.2. CLIMA

En el **ATLAS CENSAL DEL PARAGUAY DGEEC, 2002** indica que el clima está clasificado como subtropical, templado, húmedo, sin estación seca. La temperatura media anual es de 23 °C, con medias máximas de 29 °C y mínima de 19 °C. En verano suelen ser cálidas y en invierno suavemente frías, formándose heladas en extremas condiciones.

La evaporación media mensual alcanza el valor mínimo de 55 milímetros en mayo y el valor máximo de 105 mm en diciembre; el total anual medio es de 809 mm.

La humedad relativa media del aire es alta en todos los meses, con media anual de 84%.

Las lluvias son dispersas durante todo el año. El promedio de precipitación media acumulada en el año es de 1.870 mm bien distribuida a lo largo del año, siendo la mínima en torno de 90 mm en julio y la máxima de 230 mm en octubre.

### 3.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación fue de carácter descriptivo, tipo transversal y con diseño no experimental. La investigación descriptiva permite desarrollar una imagen o fiel representación del fenómeno estudiado.

Según **Selltiz & Jahoda, 1965** es una investigación con diseño no experimental, cuando el investigador se limita a observar los acontecimientos sin intervenir en los mismos. La investigación es del tipo transversal, cuando apunta a un momento y tiempo definido.

### 3.4 INSUMOS UTILIZADOS

**Recursos tecnológicos:** Computadora, impresora, GPS, Imágenes LANDSAT, Software ArcGis 10.2, entre otros.

**Recursos humanos:** la investigadora, profesor orientador, colaboradores de la Institución

**Recursos físicos:** resmas de papel, bolígrafos, tinta.

**Recursos financieros:** todos los costos del trabajo serán solventados por la alumna.

### 3.5 RECOLECCIÓN DE DATOS

#### 3.5.1 ACCESO A LA BASE DE DATOS

Como base a la investigación se utilizó imágenes satelitales (LANDSAT 5 TM, LANDSAT 8 OLI), de la zona de estudio obtenidos a través de la página web del Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) perteneciente al gobierno brasileño, seguidamente se obtuvo el Modelo Digital de Elevación (ASTER GDEM 30m – SRTM – 90m) del Servicio Geológico de los Estados Unidos (GLOVIS USGS - NASA), y finalmente los datos meteorológicos de las estaciones Puerto Barra y Puesto Balsa perteneciente a la entidad de la Ande ubicada en el distrito de Ñacunday. Las coordenadas de las estaciones respectivamente son 700560.44 m E, 7122162.72 m S y 725694.97 m E, 7121424.46 m S.

#### 3.5.2 ANÁLISIS MORFOMÉTRICO

Para la caracterización se procedió a unas secuencias de actividades a fin de determinar un modelado mediante el procesamiento de información en el programa Arcgis 10.2.

Mediante la interpretación del DEM se procedió a la delimitación de la cuenca y el trazo de su hidrografía. Ciertos parámetros físicos fue realizada en forma automatizada en Arcgis, mientras que los datos necesarios para los índices fueron extraídos de tablas generadas por el programa a partir de los mapas rasterizados de topografía de la cuenca y posteriormente se calcularon a través de métodos matemáticos y estadísticos en hoja de cálculo en el programa Excel 2010.

Mediante el proceso de delimitación de la cuenca se generó los flujos de dirección que sirve para determinar la dirección en la que el agua fluye fuera de cada pixel o celda del DEM, luego el flujo de acumulación, de este modo es posible saber cuánta agua puede recibir una celda determinada, y las líneas de drenaje que es un sistema jeraquerizado de cauces desde pequeñas quebradas hasta los grandes ríos. Para realizar el cálculo se utilizó las herramientas: Flow accumulation, Flow direction y Stream link, del menú hidrology de Spatial Analyst Tools del software ArcGis 10.2.

Seguidamente para calcular los parámetros relativos al relieve, la pendiente media de la cuenca y pendiente media del cauce principal se obtuvo en función de las cotas (cota mayor, cota menor) del modelo digital de elevación entre el desnivel que existe entre estas siendo el caso de la cuenca y cauce principal respectivamente.

Para obtener el mapa de pendientes se utilizó la herramienta slope donde se reclasifico en intervalos de porcentajes de 10 en 10.

### 3.5.3. ANÁLISIS DE LAS IMÁGENES SATELITALES

Para cuantificar los cambios en la cobertura y el uso de suelo en los últimos 30 años (1985-2015), se utilizaron cuatro imágenes satelitales captadas por diversos sensores con una diferencia de tiempo de 10 años entre una imagen a otra.

**Tabla 1.** Características de las imágenes Landsat utilizadas para la clasificación.

<b>Año</b>	<b>Fecha</b>	<b>Satélite</b>	<b>Sensor</b>	<b>Path</b>	<b>Row</b>	<b>Resolución</b>
<b>1985</b>	03/06	Landsat 5	TM	224	078	30m
<b>1995</b>	21/10	Landsat 5	TM	224	078	30m
<b>2005</b>	13/08	Landsat 5	TM	224	078	30m
<b>2015</b>	06/06	Landsat 8	OLI	224	078	30m

Para el análisis se procedió a delimitar el área de estudio dentro de un espacio geográfico a través de la elaboración de una máscara digital en formato vectorial a partir de la interpretación de la información proveniente de los sensores remotos.

Mediante la clasificación supervisada se digitalizaron polígonos sobre las imágenes satelitales, los cuales se utilizaron como sitios de entrenamientos, donde se demarcaron las áreas boscosas, agrícolas y bajas existentes en cada imagen para su posterior cuantificación.

Las imágenes fueron clasificadas por tres categorías de uso de la tierra. Las categorías de uso establecidas fueron el uso agrícola, bosques y humedales.

### 3.5.4 BALANCE HÍDRICO

Para la estimación del balance hídrico se utilizó datos de entradas (precipitaciones, temperatura media) y salidas (evapotranspiración) de agua de la cuenca. Se seleccionaron datos diarios de precipitación y temperatura de un periodo de 1985-2010 de siete estaciones climáticas obtenidas a través de la plataforma de Global Weather y datos de dos estaciones de la Ande. Se realizó un promedio anual de los registros de 25 años con el fin de obtener un valor representativo de cada una de las estaciones climatológicas en el área de estudio. Se generó mapas de isoyetas (Precipitación) e isotermas (Temperatura) con la herramienta Spline de los datos climatológicos cargados de cada estación meteorológica que luego se utilizaron para el cálculo de las ecuaciones correspondientes. Existen diversos métodos y formas de estimarse el balance hídrico, en este caso se utilizó el propuesto por HOLLIS citado por MONTORO, 2001 que describe que la ETP es igual a la constante de 58.93 sobre la temperatura y el balance hídrico se obtiene a la relación de la precipitación y evapotranspiración, se basa en un método empírico al cual denominó Método Directo. A este tipo de balance se le suele conocer o llamar Balances Hídricos Climáticos (BHC), por el hecho de basarse en variables climatológicas para su estimación. Se consideró al balance hídrico en tres formas de acumulación del agua; Exceso Hídrico, estabilidad hídrica y déficit hídrico.

**Tabla 2.** ESTIMACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDROLÓGICO SEGÚN EL BALANCE HÍDRICO

<b>Balance Hídrico</b>	<b>Comportamiento Hidrológico</b>
$\leq a 1$	Exceso Hídrico
<b>Igual a 1</b>	Estabilidad Hídrica
$\leq a 1$	Déficit Hídrica

#### 4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Una vez hechas los cálculos correspondientes a los parámetros generales de la cuenca y la clasificación del uso del suelo se plasmaran los resultados a través de tablas, gráficos y mapas exponiendo el uso del suelo, la red hídrica, delimitación de la cuenca y pendiente.

#### 5. RESULTADOS Y DISCUSION

La caracterización es uno de los elementos importantes en el proceso del manejo de cuencas hidrográficas. Se observó que la cuenca del Rio Ñacunday se encuentra en los Departamentos de Alto Paraná, Caazapá e Itapúa donde forman parte de la cuenca 9 distritos siendo los más representativos Naranjal, Ñacunday, Tavai e Iruña.

#### **Parámetros morfométricos de la cuenca del rio Ñacunday**

##### **Cuadro 1.** Parámetros Físicos de la cuenca

PARAMETROS MORFOMETRICOS : CUENCA ÑACUNDAY		
DESCRIPCION	Valor	
De la superficie		
Área	km <sup>2</sup>	2544
Perímetro	km	366.18
Ancho	km	12.37
Longitud de la cuenca	km	205.61
Cotas		
MAX	msnm	477
MIN	msnm	95
Centroide (wgs 1984 UTM Zone 21S)		
X centroide	m	684476.4921
Y centroide	m	7119769.855
Z centroide	msnm	314.083923
Altitud		
Media	msnm	314.083923
Más frecuente	msnm	270.5
Altitud de frecuencia media	msnm	293.13

**Fuente:** Elaboración Propia

La cuenca hidrográfica tiene un área total de 2544 km<sup>2</sup> y es considerada como una cuenca grande por lo tanto tiene mayor capacidad de coleccionar agua, estos valores así como el ancho y el largo sirvieron para calcular los datos morfométricos posteriores.

La pendiente media de la cuenca tiene un valor de 6% (Accidentado medio) y la pendiente media del cauce un valor de 1% (Plano) fueron determinadas en función al criterio de Alvord citado por **SANCHEZ, 2010** donde define que la pendiente de la cuenca es igual a la longitud total de curvas de nivel dentro de ella, multiplicada por el desnivel constante entre estas y dividida entre el tamaño de la cuenca.

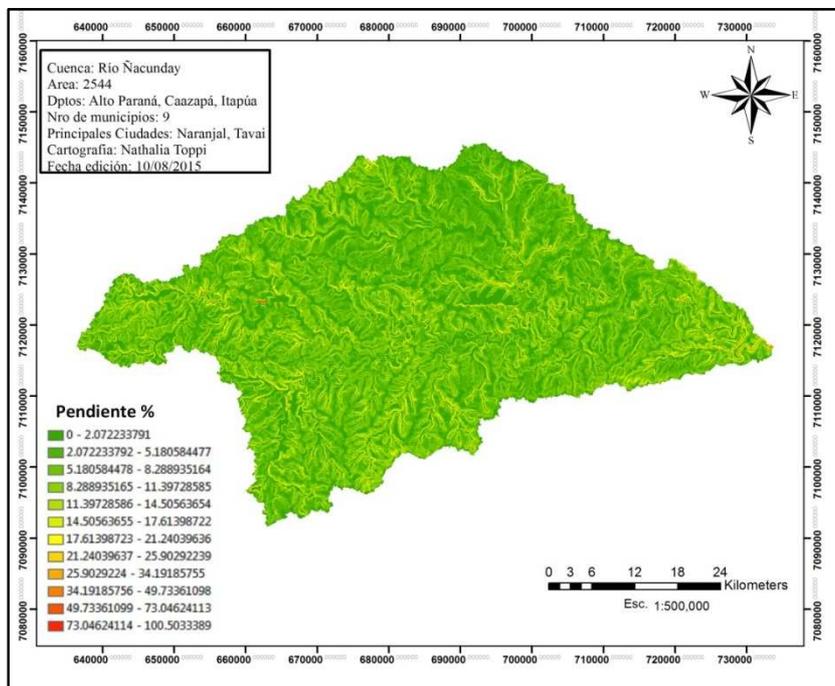
**Cuadro 2.** Calculo de la pendiente media de la cuenca

Nro.	Rango Pendiente %			Nº de ocurrencias (2)	(1)*(2)
	Inferior	Superior	Promedio(1)		
1	0	10	5	1948892	9744460
2	10	20	15	124088	1861320
3	20	30	25	2716	67900
4	30	40	35	375	13125
5	40	50	45	87	3915

6	50	60	55	40	2200
7	60	70	65	35	2275
8	70	80	75	18	1350
9	80	90	85	20	1700
10	90	100	95	22	2090
<b>TOTAL</b>				2076293	11700335
<b>Pendiente media de la cuenca</b>	6	%			

Fuente: Elaboración propia

Figura 1. Distribución de la pendiente en la cuenca del Río Ñacunday



Fuente: Elaboración propia

Las áreas intermedias consta de 12 intervalos con una separación de 31.75 m cada una, siendo la más representativa la de 538.1 km<sup>2</sup> en la parte central de la cuenca con una elevación de 270.5 msnm.

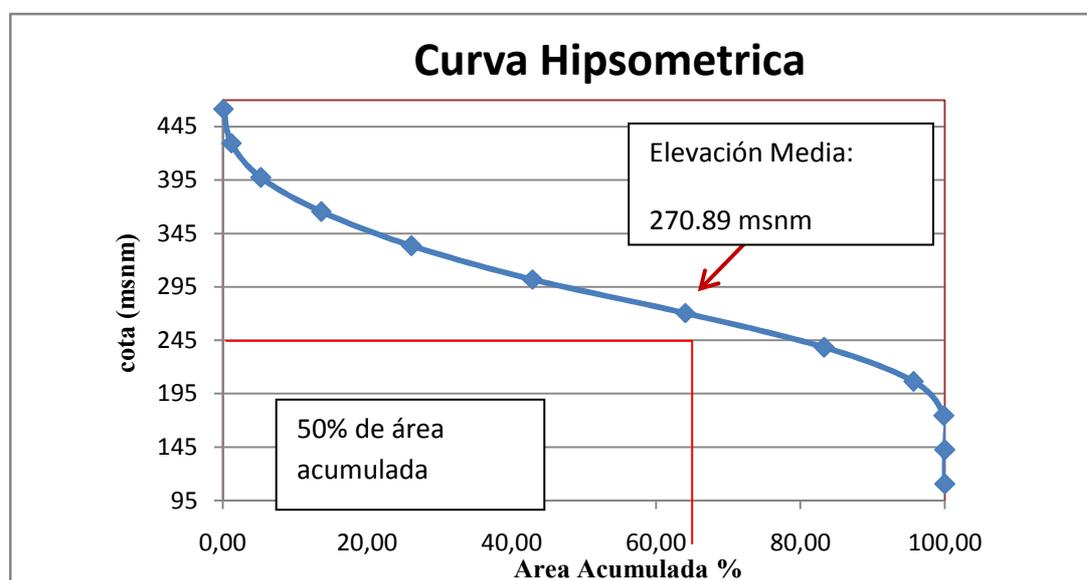
Cuadro 3. Curva Hipsométrica de la cuenca del Río Ñacunday

Nro.	Cota (msnm)			Área (Km <sup>2</sup> )		Área (Km <sup>2</sup> )	
	Mínimo	Máximo	Prom	Intervalo	% intermedio	Acumulado	% Acumulado
1	95	126	110.5	0.183235	0.01	2.771683	0.11
2	127	158	142.5	3.471844	0.14	6.243527	0.25
3	159	190	174.5	106.723213	4.19	112.96674	4.44
4	191	222	206.5	315.089288	12.37	428.056028	16.81
5	223	254	238.5	489.082355	19.20	917.138383	36.01

6	255	286	270.5	538.090771	21.13	1455.229154	57.13
7	287	317	302	426.515125	16.75	1881.744279	73.88
8	318	349	333.5	318.079983	12.49	2199.824262	86.37
9	350	381	365.5	212.698639	8.35	2412.522901	94.72
10	382	413	397.5	103.32692	4.06	2515.849821	98.77
11	414	445	429.5	28.468807	1.12	2544.318628	99.89
12	446	477	461.5	2.771683	0.11	2547.090311	100.00
<b>Total</b>				<b>2544.501863</b>	<b>100</b>		

**Fuente:** Elaboración propia

A partir de la curva hipsométrica se obtuvo la elevación media de la cuenca, dando como resultado 270.89 msnm donde se encuentra el 50% del área acumulada. Se cataloga como una curva que representa un río en etapa de madurez con transporte de sedimentos y agua.



**Gráfico 1.** Curva Hipsométrica de la cuenca del Río Ñacunday

Los índices de forma (Tabla 2) describen que la cuenca se categoriza a una alargada según **VILLON, 2002** que presentan alta peligrosidad a las crecidas cuando la tormenta se mueve en la dirección aguas abajo. Con respecto al índice de Gravelius (Tabla 3) según **ORTIZ** citado por **FERNANDEZ, 2012** la cuenca tiene una forma oval – alargada a alargada generalmente una cuenca grande presenta algunas irregularidades con tendencia a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento.

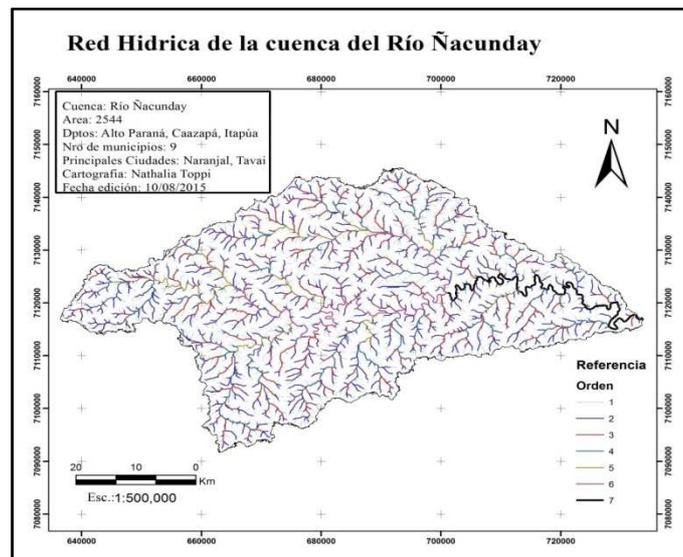
**Cuadro 4.** Parámetros Generados de la cuenca del Río Ñacunday

Parámetros Generados		
Tiempo de concentración	min	13,42
Razón de elongación	km	0.27
Coficiente de gravelius	km	2.03

Razón de Circularidad		0.23
Desnivel Altitudinal	m	370
Factor de Forma		0.06
Razón de bifurcación		0.87
densidad de drenaje	km/km <sup>2</sup>	1.55
longitud del flujo superficial	km	0.32
Pendiente		
Pendiente promedio de la cuenca	%	6
Pendiente del cauce principal	%	1.029
Red hídrica		
Longitud del curso principal	km	120
Orden de la red hídrica	UND	7
longitud de la red hídrica	km	3950

**Fuente:** Elaboración propia

Según **HORTON, 1945** la red de drenaje está integrada por un río principal y una serie de tributarios cuyas ramificaciones se extienden hacia las partes más altas de la cuenca. Se utilizó el sistema propuesto por Horton y modificado por **STRAHLER, 1952** de aplicación objetiva y jerárquico. A tal efecto, se permite señalar la presencia de un sistema de drenaje de séptimo orden. Este resultado permite calificar a la cuenca, teniendo en cuenta la extensión que ocupa, como una cuenca bastante jerarquizada. Un mayor orden indica en general la presencia de controles estructurales del relieve y mayor posibilidad de erosión o bien, que la cuenca podría ser más antigua.



**Figura 5.** Red Hídrica de la cuenca del Río Ñacunday

**Fuente:** Elaboración propia

La relación de bifurcación determina la mayor o menor rapidez de las ondas de crecida, lo que define, de alguna manera, el grado de peligrosidad de la cuenca. Los índices bajos suelen relacionarse con

redes fuertemente ramificadas, lo que repercute directamente ante fuertes precipitaciones en ondas de crecidas rápidas. La cuenca presenta una razón de bifurcación de 0,87 valor que se considera bajo.

La densidad de drenaje ( $1.55 \text{ km}^2/\text{km}^2$ ) es un parámetro revelador en el régimen y de la morfología de la cuenca, está determinado por la relación de la longitud total de las corrientes y el área total de la cuenca.

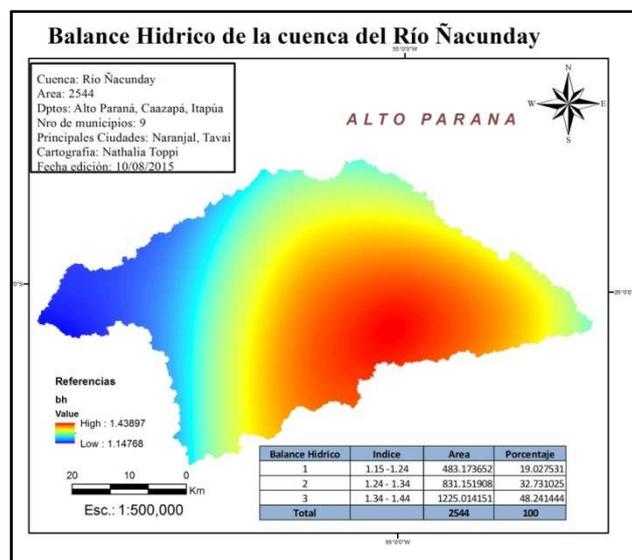
Altos valores reflejan un fuerte escurrimiento, que esta indirectamente relacionada con la infiltración, con la erosión del suelo y la cobertura vegetal. Puede afirmarse que terrenos permeables se caracterizan por baja densidad de drenaje.

La cuenca presenta un valor de la densidad de drenaje que, como la relación de bifurcación, se considera bajo. Este valor se puede explicar inicialmente por una parte de la cobertura boscosa presente en la cuenca.

### Comportamiento Hidrológico de la cuenca.

THATTAI et al., 2003 indica que el comportamiento hidrológico y su capacidad de captación de agua de una cuenca hidrológica, dependen de la variación temporal y espacial de los patrones de las variables climáticas y de las características fisiográficas de la cuenca.

Como resultado de las estimaciones se observó en el área de estudio excesos de agua en la cuenca durante un ciclo anual. Las láminas de exceso de agua y de escurrimiento anual fueron de 1438 mm, generándose la mayor cantidad de escurrimiento en los meses de mayor precipitación. Según registros de mediciones de estaciones de la Ande el río Ñacunday presenta un caudal medio de  $175.17 \text{ m}^3/\text{s}$ , temperatura media de  $21^\circ\text{C}$ , una precipitación media de  $1.800 \text{ mm/año}$  y evapotranspiración de  $1.075 \text{ mm/año}$ .



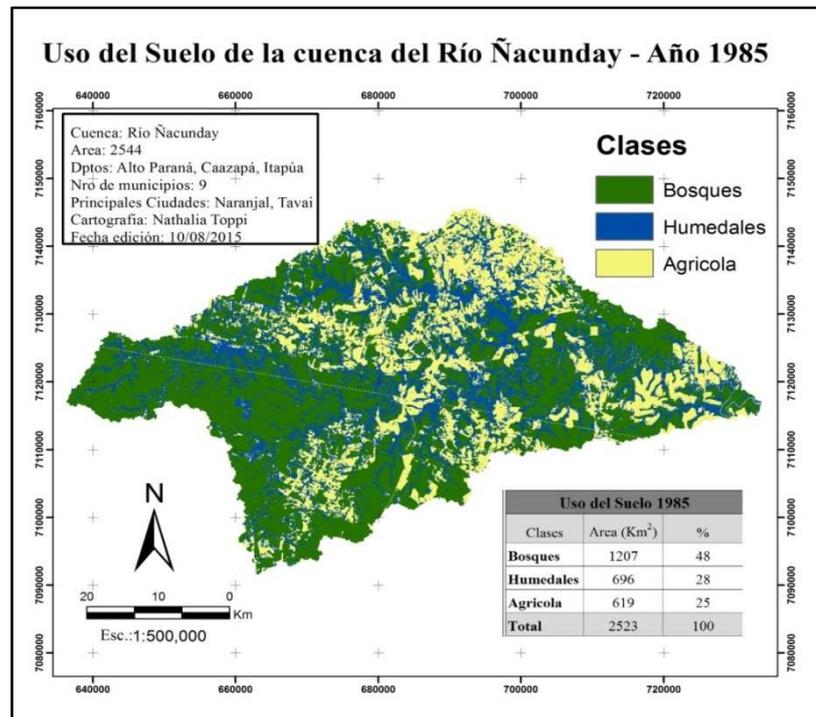
**Figura 6.** Balance Hídrico de la cuenca del Río Ñacunday

**Fuente:** Elaboración propia

### Cambios temporales del uso del suelo en los últimos 30 años.

Los resultados que se obtuvieron indican que para el año 1985, el uso de suelo dominante era la vegetación parte de un bosque intermedio compuesto por especies de las familias Meliaceae como el Cedro (*Cedrela fissilis*), Katigua Pytâ (*Trichilia catigua*) familia Palmae que lo compone el palmito (*Euterpe edulis*)

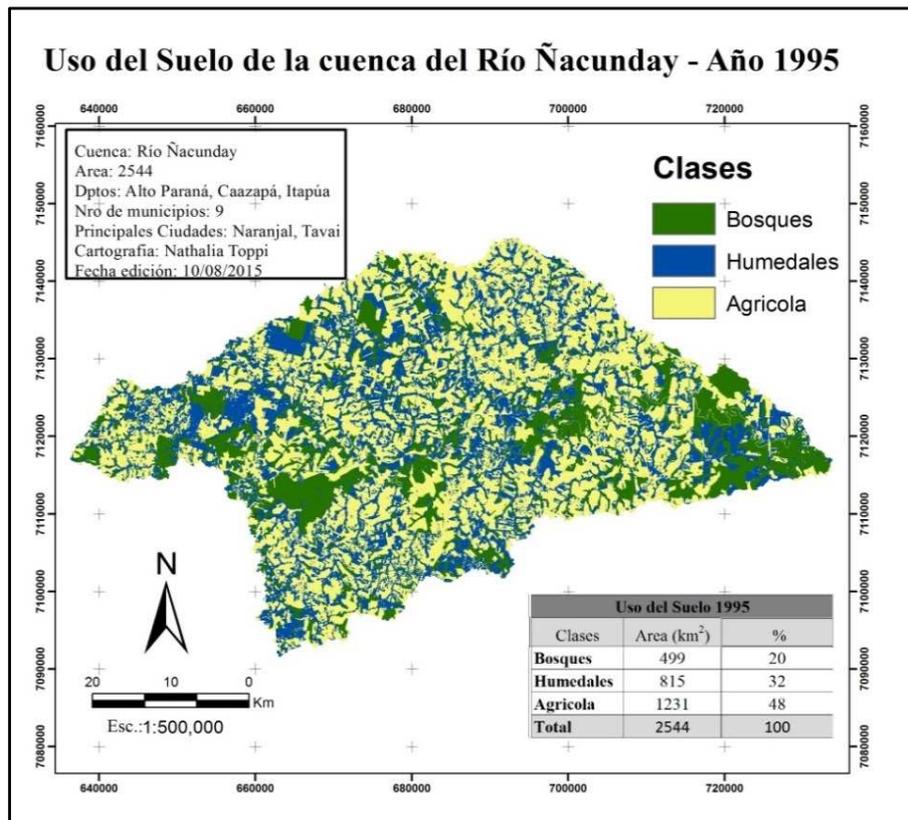
seguida por bosques altos compuestos por especies latifoliadas, donde predominan las especies de las familias, Leguminosae como el Yvyrá Pytâ (*Peltophorum dubium*), yvyrá ro (*Pterogyne nitens*) familia Boraginaceae, compuesto por petereby (*Cordia dichotoma*), seguida por la familia Moraceae, como el Tatajyva (*Chlorophora tinctoria*) y el Amba'y (*Cecropia pachystachya trécul*). WWF (world wildlife fund).



Los bosques ocupaban un 48% del total del área estudiada, seguido del uso agrícola de 25% y un 28% del área estudiada correspondiente a humedales, como puede observarse en la figura 7.

En 1995 se puede observar un cambio significativo del uso del suelo donde hubo un desarrollo en la producción agrícola que de 25 % paso a 48% del total del área estudiada.

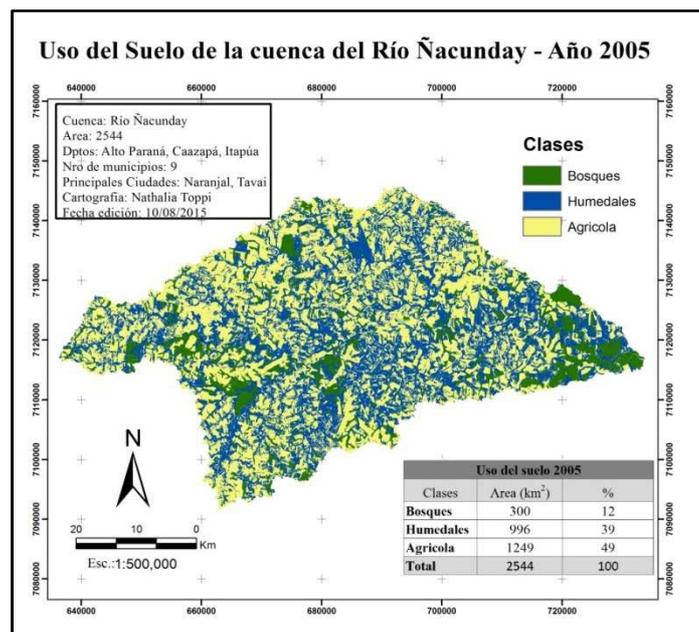
En la época la producción de soja, maíz y trigo aumenta en la zona como también la explotación forestal donde se puede apreciar una disminución de la vegetación en la figura 8.



**Figura 8.** Mapa del uso del suelo de la Cuenca del Río Ñacunday –Año 1995

**Fuente:** Elaboración propia.

En el periodo de 1995 a 2005 se observa que los bosques se encuentran muy deteriorados y hubo un descenso de 8% de los bosques en el área de estudio debido a la tala indiscriminada que sufre la zona de Caazapá y Alto Paraná. WWF (World Wildlife Fund for nature) 2003.

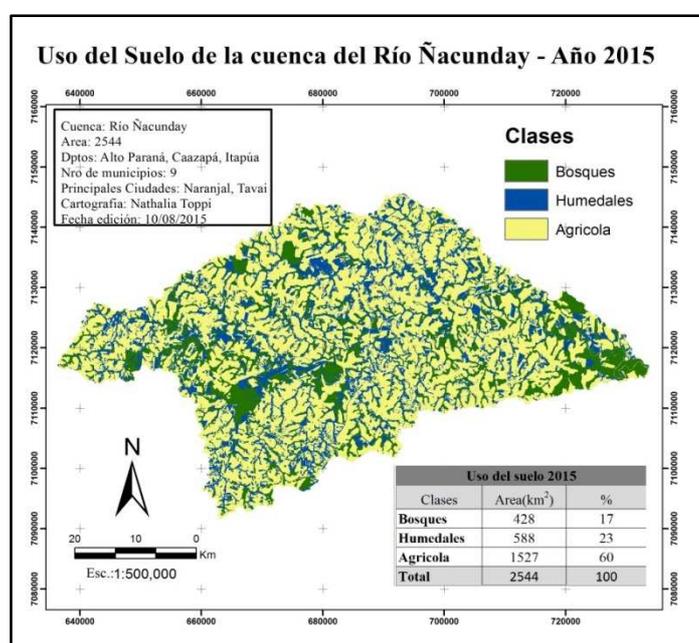


**Figura 9.** Mapa del uso del suelo de la Cuenca del Río Ñacunday –Año 2005

**Fuente:** Elaboración propia.

En los periodos de 2005 y 2015 (actualidad) se observa un ligero incremento en la vegetación sin embargo en los periodos anteriores disminuyeron bastante debido a que los últimos años la actividad principal en la zona era la explotación forestal y la tala clandestina. En el área de estudio se encuentra una pequeña parte del Bosque Atlántico del Alto Paraná que parte de ella se convirtieron en pastizales y tierras de cultivo.

Actualmente se observa un área protegida que presenta todavía remantes de bosque nativo, pero es un paisaje fragmentado por la actividad agrícola. La dinámica de cambio es desencadenada y controlada por factores demográficos. La principal actividad en la cuenca es la agricultura debido a eso observamos que ocupa el mayor porcentaje (49%) del área total de la zona de estudio.



**Figura 10.** Mapa del uso del suelo de la Cuenca del Río Ñacunday –Año 2015 **Fuente:** Elaboración propia.

Se observa en el Cuadro 7 el crecimiento de zonas agrícolas durante los últimos 30 años de 25 % tuvo un incremento a 60 % y el descenso de los bosques de 48 % a 17%. Por las características propias de la cuenca se deben fortalecer las acciones para la reforestación y el monitoreo de las aguas, de manera a controlar la contaminación con agroquímicos, además de la implementación de un sistema de conservación de los suelos para mitigar los efectos negativos de la erosión y recuperar las áreas deterioradas de la cuenca.

**Cuadro 5.** Cuadro comparativo de las coberturas de cada año.

Cobertura	1985		1995		2005		2015	
	Área(km <sup>2</sup> )	%						
<b>Bosques</b>	1207	48	499	20	300	12	428	17
<b>Humedales</b>	696	28	815	32	996	39	588	23
<b>Agrícola</b>	619	25	1231	48	1249	49	1527	60
<b>Total</b>	2523	100	2544	100	2544	100	2544	100

## 6. CONCLUSIÓN

Del estudio realizado se concluye lo siguiente:

Se determinó que la cuenca hidrográfica tiene un área de 2544 km<sup>2</sup> y un perímetro de 366.18 km, con un cauce principal de 120 km de longitud, un factor de forma  $F= 0.06$  y un coeficiente de compacidad  $Kc= 2.03$ , por lo que se caracteriza una cuenca grande, ovalada a alargada con una tendencia a un río en etapa de madurez con transporte de sedimentos y agua.

Se observó en el área de estudio excesos de agua en la cuenca durante un ciclo anual. Las láminas de exceso de agua y de escurrimiento anual fueron de 1438 mm. Se identificó como una zona que presenta precipitaciones y niveles de escurrimientos mayor y a consecuencia inundaciones.

Se identificó en la cuenca que uno de los cambios más significativos durante los últimos 30 años fueron áreas deforestadas ocupadas por la agricultura extensiva estimando que la cuenca sufre de erosión y colmatación de cauces que se recomienda fortalecer acciones para el control de la deforestación, controlar los desechos de agroquímicos y aplicar un sistema de conservación de los suelos para mitigar los efectos negativos de la erosión y recuperar las áreas deterioradas de la cuenca.

Se elaboraron los mapas temáticos respectivos tales como mapa de: ubicación, pendiente, uso del suelo y parámetros morfométricos.

## 7. RECOMENDACIÓN

- Incentivar al trabajo multidisciplinario para realizar la caracterización de las cuencas hidrográficas y microcuencas a nivel nacional para tener un inventario detallado y verificar cuales son las potencialidades y limitaciones de estos espacios geográficos.
- La escasa información hidrológica, meteorológica y geológica disponible hace que la investigación sea difícil, se recomienda para estudios posteriores cargar datos de precipitación, temperatura, tipo de suelo, composición, tipo y especies de vegetación.

Realizar además de la caracterización, un estudio de potencial hidrológico de las cuencas o simulaciones del balance hídrico.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRRE, N. 2007. Manual para el manejo sustentable de cuencas hidrográficas. Área agropecuaria y de recursos naturales renovables. Ecuador. 116p.
- BIDETTI, DI. PLACCI, G y DIETS, A. 2003. A biodiversity vision for the upper Parana Atlantic Forest Ecoregion: Designing a Biodiversity Conservation Action. World Wildlife Fund (WWF), Fundacion vida Silvestre Argentina. Washington D.C.
- BANCO MUNDIAL, 1992. Informe sobre el Desarrollo Mundial 1992. Ambiente y Desarrollo. Indicadores del desarrollo mundial. Washington, D.C.
- CHOW, V. T., MAIDMENT, D.R y L. MAYS. 1994. Hidrología Aplicada. Ediciones McGraw-Hill. Digital. Santa fe, Colombia. 583p.
- DIRECCIÓN GENERAL DE ESTADÍSTICAS, ENCUESTAS Y CENSOS (DGEEC). 2002. Atlas censal del Paraguay. Fernando de la Mora. Paraguay. 230 p.
- FERNANDEZ, A., GONZALO, O.2012. Caracterización morfométrica de la cuenca hidrográfica Chinchao, distrito de Chinchao. Tingo Maria- Peru.79p.
- FUENTES, J. 2004. Análisis morfométrico de cuencas: caso de estudio del parque nacional Pico de Tancitaro. Dirección general de investigación de ordenamiento ecológico. UNAM, Mexico. 47 p.
- FAUSTINO, J. 2006. Gestión integral de cuencas hidrográficas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (Catie). Costa Rica. 400p.