

# Análisis de la oferta y la demanda de agua para el cultivo de arroz en el ámbito del área de conservación privada Copallín, Amazonas

Analysis to supply and demand water for rice cultivation in the ambit of Copallin private conservation area in Amazonas

Tania E. Cotrina T.<sup>1</sup>

RECIBIDO: 23/06/2016 - APROBADO: 02/08/2016

## RESUMEN

La presente investigación se origina debido a la preocupación de la población local, que manifiesta que en los últimos años se ha registrado una disminución progresiva de la disponibilidad del agua en el ámbito Área de Conservación Privada Copallín, afectando las actividades agrícolas en la cuenca media y baja, principalmente el cultivo de arroz. Por lo que resulta fundamental evaluar el comportamiento de la oferta y la demanda de agua para la actividad del cultivo de arroz para el periodo comprendido entre los años 1989 y 2007. Para estimar la oferta hídrica, se ha empleado el método de abstracciones de la Soil Conservation Service (SCS), también conocido como número de curva de escorrentía CN, que ha permitido obtener los caudales promedio anuales. Para estimar la superficie de cultivos de arroz y determinar posteriormente la demanda de agua requerida en función de la superficie, se ha empleado el análisis visual de imágenes de satélite Sistemas de Información Geográfica (SIG). Los resultados demuestran una disminución progresiva de la oferta hídrica total anual, pasando de 442.79 MMC a 435.80 MMC entre 1989 y 2007. Sin embargo, resulta ser suficiente para cubrir la demanda total anual de agua para cultivo de arroz, que asciende a 101.21 MMC.

**Palabras clave:** Oferta hídrica, demanda de agua, cultivos de arroz, Área de Conservación Privada Copallín.

## ABSTRACT

This research develops because to the concern of the population who express that in recent years there has been registered a progressive decrease of water availability in the ambit of Copallín Private Conservation Area, affecting the agricultural activities in the middle and lower basin, mainly rice cultivation. So it is essential to evaluate the behavior of supply and demand of water for rice cultivation activity for the period between 1989 and 2007. To estimate the water supply, we used the abstractions method of the Soil Conservation Service (SCS) also known as curve number CN, which has led to obtain annual average flows. To estimate the area of rice crops and then determine the required water demand based on the surface, we used the visual analysis of satellite images using Geographic Information Systems (GIS). There results show a progressive decrease to the total annual water supply, from 442.79 MMC to 435.80 MMC between 1989 and 2007. However, it is enough to cover the total annual water demand for rice cultivation amounting to 101.21 MMC.

**Keywords:** Water supply, water demand, rice cultivation, Copallín Private Conservation Area.

<sup>1</sup> Estudiante de posgrado en Ciencias Ambientales, con mención en Control de la contaminación y ordenamiento ambiental, FIGMM, UNMSM.  
E-mail: tcotrina@gmail.com

## I. INTRODUCCIÓN

El área de investigación se localiza en la región Amazonas, provincias de Bagua y Utcubamba, distritos de Copallín, La Peca y Cajaruro (Figura N° 2). Hidrográficamente, se emplaza en la vertiente derecha del río Utcubamba, en las microcuencas de Naranjitos, El Ron, Naranjos, San Juan y Copallín. Abarca en su cuenca alta al Área de Conservación Privada Copallín, un recurso muy importante en términos hídricos, que constituye un ecosistema de bosques montañosos, con características particulares que le otorgan la capacidad de proveer o suministrar agua a la población beneficiaria de la cuenca media baja, que en su mayoría tiene como principal actividad económica a la agricultura, orientada al cultivo de arroz.

El aprovechamiento de los servicios hídricos dentro del área de estudio se realiza de manera intensiva, tanto para el consumo humano como para el desarrollo de actividades productivas, principalmente el cultivo de arroz. En el primer caso, el agua se obtiene de manantiales por medio de redes de tuberías; en el segundo, la agricultura usa intensivamente los recursos hídricos, aprovecha el agua de las quebradas, gracias a la existencia de infraestructura de riego, siendo los agricultores de arroz, y recientemente los de papaya y soya, los principales beneficiarios por el volumen de agua empleada (Echevarría, 1999), (Rogers, 2001).

La demanda de agua se concentra en la cuenca media y baja, principalmente para el desarrollo de la agricultura, donde los cultivos más importantes son: arroz, café, cacao, soya y papaya. De estos, el arroz ocupa el 85% de la superficie agrícola y es el cultivo que consume y demanda la mayor cantidad de agua. Actualmente, todos los actores involucrados reconocen como principal problema la disminución progresiva de la oferta de agua, situación que afecta la productividad de sus cultivos, reduciendo en muchos casos el número de campañas, además de tener incidencia directa en el nivel de ingresos económicos (Llerena, 2003) (Pagliattini, 2008).

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

En la Figura N° 1 se esquematizan las distintas etapas de trabajo y se describe brevemente las metodologías empleadas en cada una de ellas.

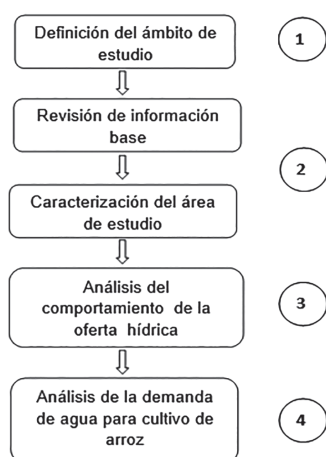


Figura N° 1. Esquema de trabajo.

Los métodos empleados han sido varios, empleándose generalmente una combinación de estos. En la **primera etapa**, la definición del ámbito de estudio se realizó a base de imágenes de satélite y cartografía oficial, tomando en cuenta las quebradas que se originan en el Área de Conservación Privada Copallín y las divisorias de aguas que limitan las microcuencas que estas forman. La **segunda etapa** consistió en la revisión de información base y la caracterización del área de estudio comprendió la revisión de información primaria, secundaria, cartográfica y base de datos tabular existente en las dependencias públicas y privadas; y otros estudios relacionados al tema de interés. La **tercera etapa** corresponde al análisis del comportamiento de la oferta hídrica, para lo cual se ha empleado el método de abstracciones de la Soil Conservation Service (SCS), también conocido como número de curva de escurrentía CN. La **cuarta etapa** corresponde al análisis de la demanda de agua para el cultivo de arroz, el método empleado ha sido también el análisis visual de la imagen de Google Earth disponible para el año 2007 y su procesamiento mediante los Sistemas de Información Geográfica (SIG), permitiendo estimar la superficie de cultivos de arroz y determinar posteriormente el volumen de agua requerida en función de la superficie.

## III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Análisis del comportamiento de la oferta hídrica

Para fines de la investigación se entiende por oferta hídrica al volumen de agua captada anualmente que ofrece una fuente hídrica expresada en metros cúbicos. El área de estudio cuenta con una superficie total de 79 173 hectáreas y comprende 5 microcuencas y 5 intercuencas. Abarca en su cuenca alta al Área de Conservación Privada Copallín. Figura N° 2.

En la Tabla N° 1 podemos apreciar que la microcuenca de mayor extensión es El Ron y la de menor extensión San Juan, mientras que la intercuenca Agua Turbia es la de mayor extensión y la de menor extensión es Tesoro.

Tabla N° 1. Microcuencas e intercuencas por superficie

Nombre	Superficie		
	%	ha	km <sup>2</sup>
Microcuenca El Ron	27.24	21,562.89	215.63
Microcuenca Naranjos	16.88	13,366.19	133.66
Microcuenca Naranjitos	14.29	11,311.37	113.11
Microcuenca Copallín	13.98	11,067.68	110.68
Microcuenca San Juan	10.51	8,317.95	83.18
SUBTOTAL	82.89	65,626.09	656.26
Intercuenca Agua Turbia	8.38	6,635.50	66.35
Intercuenca Chirimoyo	2.62	2,072.06	20.72
Intercuenca Vigilancia	2.30	1,822.37	18.22
Intercuenca Tomaque	2.16	1,713.75	17.14
Intercuenca Tesoro	1.65	1,303.38	13.03
SUBTOTAL	17.11	13,547.05	135.47
TOTAL	100.00	79,173.14	791.73

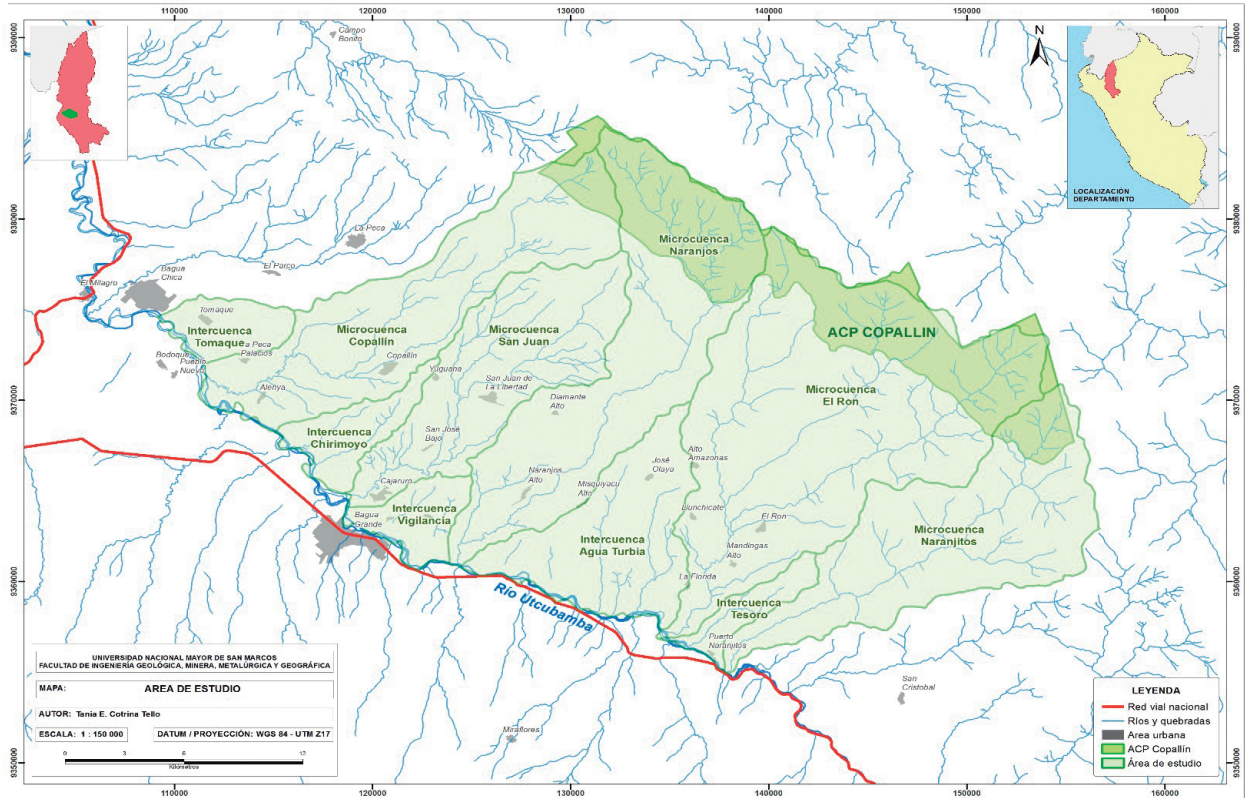


Figura N° 2. Mapa del área de estudio.

Para conocer el volumen anual de agua que se genera a nivel de las microcuencas e intercuenas, se requiere información de aforos. Al no contar con esta información, se ha recurrido a la aplicación del método de abstracciones de la Soil Conservation Service (SCS), también conocido como número de curva de escorrentía CN.

En este método, la profundidad de escorrentía o precipitación efectiva  $P_e$  está en función de la precipitación total  $P$  y de un parámetro de abstracción referido al número de curva o CN, cuyos valores fluctúan entre 1-100. Para el cálculo de la precipitación efectiva, el método lo relaciona con la variable adimensional CN y con la precipitación. Figura N° 3.

$P$  = Precipitación (mm)

$P_e$  = Precipitación Efectiva (mm)

CN = Variable adimensional Curva Número

$$P_e = \frac{\left[ P - \frac{508}{CN} + 5.08 \right]^2}{P + \frac{2032}{CN} - 20.32}$$

Figura N° 3. Fórmula para el cálculo de la precipitación efectiva promedio mensual ( $P_e$ )

Los datos de precipitación promedio mensual fueron obtenidos de la base de datos de WorldClim-Global Climate Data. Estos corresponden a promedios de registros históricos entre 1960-1990 y algunos casos entre 1950-2000. Del análisis gráfico y tabular de la cobertura y el uso de la tierra existente para el ámbito de estudio corres-

pondiente a los años 1989, 2000 y 2007, asociado con el grupo hidrológico, según se muestra en la Figura N° 4, se obtuvieron los valores de CN ponderados respecto del área para cada microcuencia o intercuenas.

Descripción del uso de la tierra		Grupo hidrológico del suelo			
		A	B	C	D
Tierra cultivada	Sin tratamiento de conservación	72	81	88	91
	Con tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastizales	Condiciones pobres	68	79	86	89
	Condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos : Condiciones óptimas		30	58	71	78
Bosques	Troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas.	45	66	77	83
	Cubierta buena	25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques, en condiciones óptimas, cubierta > 75%		39	61	74	80
Áreas abiertas, césped, parques, en condiciones aceptables entre el 50% y 75%		49	69	79	84
Áreas comerciales (85% impermeable)		89	92	94	95
Áreas industriales (72% impermeable)		81	88	91	93
Residencial					
Tamaño promedio del lote		Porcentaje promedio impermeable			
505.8 m2		77	85	90	92
1011.6 m2		61	75	83	87
1348.9 m2		30	57	72	81
2023.5 m2		25	54	70	80
4046.9 m2		20	51	68	79
Pavimento, techos, accesos etc		98	98	98	98
Calles y carreteras	Pavimento con cunetas y alcantarillado	98	98	98	98
	Grava	76	85	89	91
	Tierra	72	82	87	89

Figura N° 4. Grupo hidrológico del suelo según uso de la tierra. Tabla 5.5.2. Hidrología Aplicada. Chow et al, 1994.

Para el cálculo de la precipitación efectiva promedio mensual ( $P_e$ ) se empleó la fórmula de la Figura N° 2. Finalmente, el cálculo del caudal promedio mensual se obtiene con la siguiente fórmula:  $Caudal = P_e \times \text{Área} \times (1000 / (\#días \times 24 \times 60 \times 60))$



La Tabla N° 2 muestra el resumen de los caudales totales anuales, según microcuenca e intercuenca. El caudal total anual registra una disminución de 3646.63 MMC en 1989 a 3578.52MMC para el 2007. Los mayores caudales se registran en la microcuenca El Ron, seguido por Naranjos, Naranjitos, Copallín, y en la microcuenca San Juan se registran los menores caudales.

**Tabla N° 2. Resumen de caudales totales anuales 1989 -2007**

Nombre	Caudal Total Anual MMC		
	1989	2000	2007
Intercuenca Agua Turbia	187.54	184.08	186.85
Intercuenca Chirimoyo	82.34	82.34	82.34
Intercuenca Tesoro	30.34	30.05	29.96
Intercuenca Tomaque	75.02	75.02	75.02
Intercuenca Vigilancia	62.91	62.91	62.91
Microcuenca Copallín	507.86	506.53	506.53
Microcuenca El Ron	1,124.57	1,082.00	1,098.93
Microcuenca Naranjitos	575.22	536.59	543.78
Microcuenca Naranjos	670.49	656.33	662.63
Microcuenca San Juan	330.34	330.24	329.55
Total	3646.63	3546.25	3578.52

La Tabla N° 3 muestra los valores de la oferta hídrica anual para el cultivo de arroz, calculados teniendo en consideración que el uso consuntivo del agua para fines agrícolas en una cuenca corresponde al 80%, según reportes de la Autoridad Nacional de Agua; y además estableciendo una proporción en función de la superficie desti-

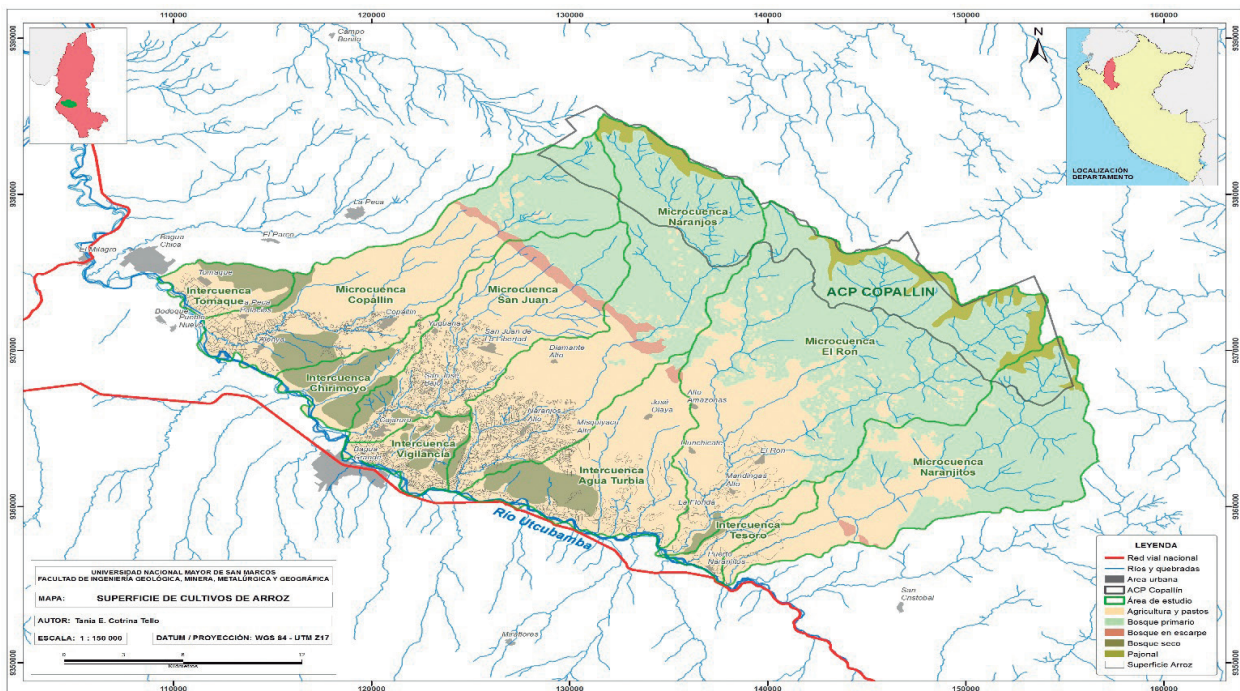
nada a usos agrícolas y pastoreo respecto de la superficie de cultivos de arroz. La oferta hídrica total anual registra una disminución de 6.99 MMC, pasando de 442.83 MMC a 435.80 MMC entre 1989 y 2007.

**Tabla N°3. Oferta hídrica para cultivo de arroz 1989 -2007**

Nombre	Oferta hídrica anual para cultivo de arroz (MMC)		
	1989	2000	2007
Intercuenca Agua Turbia	29.71	29.16	29.60
Intercuenca Chirimoyo	3.11	3.11	3.11
Intercuenca Tesoro	11.39	11.29	11.35
Intercuenca Tomaque	18.12	18.12	18.12
Intercuenca Vigilancia	22.68	22.68	22.68
Microcuenca Copallín	51.86	51.73	51.73
Microcuenca El Ron	109.08	104.95	106.60
Microcuenca Naranjitos	50.22	46.85	47.48
Microcuenca Naranjos	113.31	110.92	111.98
Microcuenca San Juan	33.34	33.33	33.26
TOTAL	442.83	432.13	435.80

**3.2. Análisis de la demanda de agua para el cultivo de arroz**

Mediante la interpretación visual de la imagen Google Earth disponible para el año 2007, se han identificado las parcelas destinadas al cultivo de arroz, las que están ubicadas en la margen derecha del río Utcubamba, tal como se aprecia en la Figura N° 5.



**Figura N° 5. Mapa de superficie de cultivos de arroz - 2007**

Se entiende por demanda, la cantidad de agua requerida para el desarrollo de la actividad arrocera, expresada en unidades de volumen por hectárea de arroz. Para calcular la demanda de agua para el cultivo de arroz, se ha considerado la superficie total de cultivos de arroz y, como dato de referencia, el consumo bajo condiciones de riego por inundación, que es entre 15 000 y 18 000 m<sup>3</sup> de agua por hectárea, información obtenida del documento denominado "El arroz: Principales aspectos de la cadena productiva", publicado por el Ministerio de Agricultura y Riego en el año 2012.

La Tabla N° 4 muestra que la demanda total de agua para cultivo de arroz asciende a 101.21 MMC, registrándose la mayor demanda en la microcuenca de Naranjos con 17.73 MMC/año, seguido por Copallín con 12.88 MMC y San Juan con 11.39MMC.

Tabla N° 4. Demanda de agua para cultivo de arroz 2007

Nombre	Superficie total arroz (ha)	%	Demanda de agua (mmc)
Intercuenca Agua Turbia	1071.64	15.88	16.07
Intercuenca Chirimoyo	42.38	0.63	0.64
Intercuenca Tesoro	585.00	8.67	8.77
Intercuenca Tomaque	307.56	4.56	4.61
Intercuenca Vigilancia	636.00	9.43	9.54
Microcuenca Copallín	858.89	12.73	12.88
Microcuenca El Ron	875.61	12.98	13.13
Microcuenca Naranjitos	428.87	6.36	6.43
Microcuenca Naranjos	1182.08	17.52	17.73
Microcuenca San Juan	759.01	11.25	11.39
Total	6,747.05	100.00	101.21

#### IV. CONCLUSIONES

1. La oferta hídrica anual para cultivo de arroz registra una disminución de 6.99 MMC, pasando de 442.79 MMC a 435.80 MMC entre 1989 y 2007. Si bien no alcanza valores alarmantes, es necesario realizar monitoreos permanentes y estudios complementarios respecto de los caudales, puesto que una de las limitaciones encontradas fue la ausencia de información que permita la determinación de ellos, evaluar la posibilidad de realizar aforos *in situ* y contrastar los resultados con los obtenidos en la presente investigación.
2. La oferta hídrica anual resulta ser suficiente para cubrir la demanda total de agua para cultivo de arroz que asciende a 101.21 MMC, en contraste con

lo que manifiestan los actores involucrados. Si bien la superficie de cultivos de arroz no ha presentado mayores cambios en los últimos 20 años, se ha visto afectada la producción de arroz, puesto que el número de campañas se ha reducido de 3 a 2 campañas anuales.

3. Es necesario garantizar la existencia del ecosistema de bosque montañoso del Área de Conservación Privada Copallín, puesto que la población lo reconoce como un elemento que protege el agua y la biodiversidad debido a los servicios ambientales que estos proporcionan, principalmente que sigan generando los recursos hídricos que abastecen a la agricultura.
4. Explorar la factibilidad de desarrollar mecanismos de incentivos o compensación a la población, estableciendo un acuerdo entre ofertantes y demandantes para la conservación de los recursos hídricos.

#### V. AGRADECIMIENTOS

A la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por su apoyo y al Instituto de Investigación IIGEO por facilitar la publicación del presente artículo.

#### VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Chow, V., Maidment, D., Mays, L. (1994). *Hidrología Aplicada*. Traducción de la primera edición en inglés. Colombia: McGraw- Hill.
- [2] Echevarría, M. (1999). *Agua: Valoración del servicio ambiental que prestan las áreas protegidas*. The Nature Conservancy. Arlington, Virginia: America Verde Publications.
- [3] Llerena, C. (2003). *Servicios ambientales de las cuencas y la producción de agua, conceptos, valoración, experiencias y sus posibilidades de aplicación en el Perú*. Lima: Universidad Agraria La Molina.
- [4] Pagliettini, L., Gil, G. (2008). El valor del agua en el proceso productivo. Análisis de la Cuenca del Río Miriñay. Facultad de Agronomía UBA - Economía Agraria. *Revista brasilera de recursos hídricos*, 13(3), pp. 165-175.
- [5] Rogers, P., Bhatia, R. y Huber, A. (2001). El agua como un bien económico y social: cómo poner los principios en práctica. Asociación Mundial del Agua (GWP). TAC back ground papers. N° 2. Suecia.

