



Siembra

ISSN: 1390-8928

ISSN: 2477-8850

siembra.fag@uce.edu.ec

Universidad Central del Ecuador

Ecuador

Andrango Qimbiamba, Pablo Miguel; Ortiz Calle,
Randon Stalin; Cuaspa Ortega, Yessenia Gissella
Distribución de caudales de riego para las comunidades de la UCICMA - Imbabura
Siembra, vol. 6, núm. 2, 2019, Julio-, pp. 001-009
Universidad Central del Ecuador
Ecuador

DOI: <https://doi.org/10.29166/siembra.v6i2.1562>

- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org



Distribución de caudales de riego para las comunidades de la UCICMA - Imbabura

Irrigation water distribution in the communities of the UCICMA – Imbabura

Pablo Miguel Andrango Qimbiamba¹, Randon Stalin Ortiz Calle¹, Yessenia Gissella Cuaspa Ortega¹

✉ Autor para correspondencia: andrangomiguel@gmail.com

¹ Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas, Carrera Ingeniería Agronómica, Jerónimo Leiton y Av. La Gasca s/n, Ciudadela Universitaria. Quito. 170521. Ecuador

Resumen

La distribución del agua de riego en función del área cultivada y las necesidades hídricas de los cultivos es importante en los procesos de socialización y debate para generar la distribución equitativa del agua entre las comunidades indígenas del Ecuador. El presente estudio consistió en determinar el área máxima de riego considerando los requerimientos hídricos de los cultivos y el caudal concesionado, con el fin de proponer una alternativa de distribución del agua de riego entre las 12 comunidades que conforman la Unión de Comunidades de Indígenas y Campesinos de Mariano Acosta (UCICMA). Para el cálculo de la necesidad hídrica de los cultivos se utilizó la siguiente metodología: evapotranspiración potencial (Penman Monteith), precipitación efectiva (SCS), coeficiente de cultivo (FAO56), áreas de cultivo, fechas de siembra, ciclo vegetativo (mediante encuestas) e información de suelos (a partir de estudios realizados en la zona). Los resultados principales del estudio son: i) el caudal ficticio continuo ponderado es de $0,58 \text{ l s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$; ii) para irrigar la superficie total de las 12 comunidades se requiere un caudal de $950,55 \text{ l s}^{-1}$; iii) considerando el caudal concesionado de 360 l s^{-1} , el área máxima técnicamente a irrigarse es $619,96 \text{ ha}$. La conclusión principal del estudio es que el caudal concesionado de 360 l s^{-1} permitirá cubrir el riego de $619,96 \text{ ha}$, correspondiente a 37% del área potencialmente regable de la UCICMA.

Palabras clave: Ecuador, balance hídrico, necesidades hídricas de los cultivos, área potencial de riego, caudal continuo.

Abstract

The distribution of irrigation water according to the cultivated area and the crop water requirements is important in the processes of equitable distribution of water among the indigenous communities of Ecuador among socialization and debate within the population. The present research consisted of determining the maximum area of irrigation according to the crop water requirements and the discharge delivered. With this data the research presents an alternative for water distribution for irrigation among the 12 communities of Unión de Comunidades Indígenas y Campesinos of Mariano Acosta (UCICMA). To calculate the crop water requirements, the following methodology was used: potential evapotranspiration (Penman Monteith), effective precipitation (SCS), crop coefficient (FAO 56), cultivation areas, planting dates and vegetative cycle (by surveys) and soil information (from studies conducted in the area). The main results of the study are: i) the continuous fictitious flow rate was about $0.58 \text{ l s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$; ii) to irrigate the total area of the 12 communities a discharge of 950.55 l s^{-1} is

required; iii) considering the discharge assigned of 360 l s^{-1} , the maximum area that can be technically irrigated is about 619.96 ha. The main conclusion of the study is that the assigned discharge of 360 l s^{-1} will cover an irrigation area of 619.96 ha, corresponding to 37% of the potential irrigable area of the UCICMA.

Keywords: Ecuador, water balance, crop water requirements, potential irrigation area, continuous discharge.

1. Introducción

El riego es un factor muy importante en la producción de los cultivos, pues le permite al agricultor mejorar su calidad de vida. El desafío constante de los profesionales del agro es conocer la interacción entre el clima, el suelo, la genética vegetal y el manejo cultural, para mejorar la eficiencia del uso del agua (Micucci & Álvarez, 2005).

La viabilidad de un proyecto de riego está íntimamente relacionada con factores productivos, de ingeniería, sociales, económicos y ambientales; por tanto, la cuantificación de cada uno de estos recursos es de vital importancia (García, 1996). Dentro de estos recursos, la cuantificación de los requerimientos hídricos de los cultivos constituye la columna vertebral de todo sistema de riego, siendo el parámetro básico y fundamental para la planificación de los sistemas de irrigación (Ortiz, 2011), puesto que permite diseñar reservorios, dimensionar redes de riego, sean estas a cielo abierto (canales) o presurizadas, estaciones de bombeo, programar el riego dentro de la parcela, planificar la distribución de los caudales en los ramales principales y secundarios, así como, definir los turnos de riego y la operación del sistema (Ortiz, 2011).

Los requerimientos de riego de los cultivos dependen de la altura sobre el nivel medio del mar, clima, suelos, tipo y ciclo vegetativo del cultivo, necesidades de lavado, eficiencia del sistema de riego, de las prácticas culturales y agronómicas empleadas durante el ciclo de producción de los cultivos (Ortiz, 2011).

El directorio de la Unión de Comunidades de Indígenas y Campesinos de Mariano Acosta (UCICMA) busca la generación de oportunidades de desarrollo a través del riego a fin de evitar la migración de la población joven hacia las ciudades, para conservar y valorizar el territorio (IEDECA, 2015). La organización cuenta con una superficie cultivable de 1.666,63 hectáreas y con

un caudal concesionado de 360 l s^{-1} . Los estudios socio económicos previos, junto al presente, permitirán elaborar propuestas de distribución del agua equitativas entre las 12 comunidades que la conforman (IEDECA, 2016).

Con estos antecedentes, la pregunta que se planteó para el desarrollo de la presente investigación fue: ¿el caudal concesionado es suficiente para irrigar el área total cultivable? El objetivo del estudio fue determinar el área de riego máxima a partir del caudal concesionado para proponer una alternativa de distribución del agua con base en las necesidades hídricas de los cultivos y el área de riego.

2. Materiales y métodos

2.1. Área de estudio

La UCICMA está ubicada en la provincia de Imbabura, República del Ecuador; fue creada en 1989 y legalizada en 2005. Se encuentra conformada por 14 comunidades filiales que pertenecen a las parroquias de Pimampiro (8 comunidades), Mariano Acosta (4 comunidades) y Ambuquí (2 comunidades) (CIPRADEC, 2014). Las 14 comunidades están conformadas por 552 familias. En la investigación se trabajó con 12 comunidades dado que las dos comunidades restantes decidieron no participar en el proceso.

La comunidad se encuentra ubicada a una altitud comprendida entre 1.920 y 3.520 m.s.n.m.; a una latitud de $00^{\circ} 03' 23'' \text{ S}$ y una longitud de $-77^{\circ} 98' 33'' \text{ O}$ (Figura 1). El clima de la zona se caracteriza por tener dos épocas bien diferenciadas hidrológicamente: una época lluviosa o invierno (de octubre a abril) y una época seca o de verano (de mayo a septiembre). La precipitación anual promedio del proyecto es de 813,26 mm y la evapotranspiración de referencia anual promedio de 1.040,70 mm.

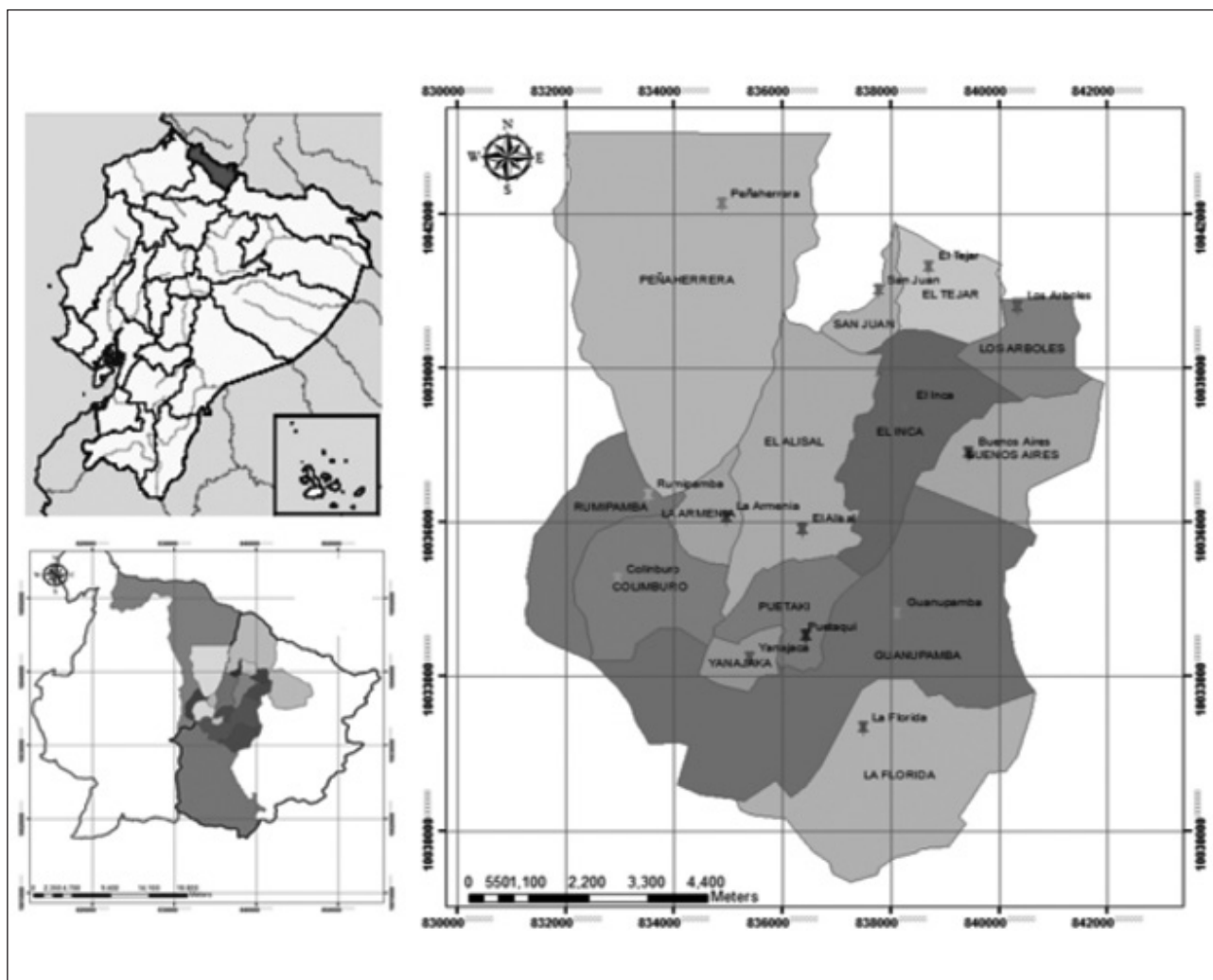


Figura 1. Ubicación de la UCICMA.

2.2. Materiales

Para la elaboración del proyecto se utilizó la siguiente información: cartografía de la zona del proyecto; información climatológica de las estaciones: Atuntaqui, Olmedo, San Gabriel, Mira, San Vicente de Pusir, Ambuquí, Monte Olivo, Pimampiro, Ibarra, Mariano Acosta, Zuleta y San Francisco de Sigsipamba (INAMHI, 2013); coeficientes de cultivo determinados con base en el Manual No. 56 de la FAO; datos de los suelos a partir de estudios e información de los cultivos; áreas, fechas de siembra a partir de encuestas.

2.3. Metodología

- *Evapotranspiración de referencia.* La evapotranspiración de referencia se determinó por el método Penman Monteith FAO56 (FAO 2006a,

2006b), para el cultivo de referencia con una altura de 12 cm, bien regado y con una cobertura total de la superficie del suelo, la resistencia superficial estimada es de 70 s m^{-1} y un albedo de 0,23 (Allen *et al.*, 2006).

$$ET_o = \frac{0,408 \times \Delta \times (Rn - G) + \gamma \times \frac{900}{(T + 273)} \times U_2 \times (es - ea)}{\Delta + \gamma \times (1 + 0,34 \times U_2)} \quad (1)$$

Donde: ET_o es la evapotranspiración referencia (mm d^{-1}); Rn , radiación neta en la superficie del cultivo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$); G , flujo del calor de suelo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$); U_2 , velocidad del viento medido a 2 metros de altura (m s^{-1}); ea , presión real de vapor (kPa); es , presión de vapor de saturación;

Δ , pendiente de la curva de variación de la presión ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); T , temperatura promedio ($^\circ\text{C}$); τ , constante psicométrica ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); Z , es la elevación sobre el nivel medio del mar; λ , calor latente de vaporización (MJ kg^{-1}). Para obtener la ET_0 a nivel mensual se debe multiplicar el valor de ET_0 por el número de días del mes correspondiente.

- *Evapotranspiración real.* La evapotranspiración real del cultivo se determinó por el método de la FAO (Allen *et al.*, 2006).

$$ETr = Kc \times ETo \quad (2)$$

Donde: ETr , es la evapotranspiración real del cultivo mensual (mm mes^{-1}); Kc , es el coeficiente del cultivo.

- *Precipitación efectiva.* La precipitación efectiva se determinó por el método del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos a partir de la precipitación con una probabilidad de ocurrencia del 75% (Ortiz, 2011).

$$Pe = f \times 10^{0,00095 \times ETo} (1,2525 \times P^{0,8242} - 2,9352) \quad (3)$$

$$f = 0,5317 + 0,0116 \times LAA - 0,000089 \times LAA^2 + 0,00000023 \times LAA^3 \quad (4)$$

Donde: Pe , es la precipitación efectiva (mm mes^{-1}); P , es la precipitación con una probabilidad de ocurrencia del 75%; LAA , es la lámina de agua aprovechable (mm mes^{-1}); f , es el factor de ajuste de la precipitación efectiva en función del agua disponible en el suelo.

- *Láminas de agua aprovechable y neta.* A partir de las constantes hidrofísicas de los suelos se determinaron las láminas de agua aprovechable y neta (Ortiz, 2011).

$$LAA = \frac{CC - MP}{100} \times Pr \quad (5)$$

$$Ln = p \times LAA \quad (6)$$

Donde: CC , es el contenido de humedad en términos de volumen de capacidad de campo (%);

MP , es el contenido de humedad en términos de volumen de marchitez permanente (%); Pr , es la profundidad radicular efectiva (mm); Ln , es la lámina neta o el agotamiento máximo permitido del agua en el suelo (mm); p , es el porcentaje de agotamiento, típico para cada cultivo (decimal).

- *Isolíneas de ET_0 y Pe .* Con la ayuda de sistemas de información geográfica, para cada mes se trazaron las isolíneas de ET_0 y Pe , las cuales permitieron determinar ET_0 y Pe para cada comuna.
- *Patrón de cultivos.* Una vez procesada la información de las encuestas se procedió a elaborar el patrón de cultivos (de ciclo corto, anual y perenne) para cada comunidad.
- *Coeficiente de cultivo.* Los coeficientes de cultivo (Kc), se determinaron a partir de los coeficientes de las fases propuestas por la FAO en el Manual Técnico No. 56 (Allen *et al.*, 2006).
- *Balance hídrico.* A nivel mensual, para cada comuna y para cada cultivo, se determinó el balance hídrico por el método del balance de masas, en donde un valor positivo refleja un exceso y un valor negativo un déficit hídrico, identificándose este valor como NHM (Ortiz, 2011).

$$NHM = Pe + DH - ETr \quad (7)$$

Donde: NHM , necesidad hídrica mensual (mm); DH , es el almacenamiento de la humedad en el suelo (mm).

- *Necesidad hídrica diaria.* A partir de la necesidad hídrica mensual, se determinó la necesidad hídrica diaria por el método desarrollado por el servicio de conservación de suelos de los Estados Unidos (Ortiz, 2011).

$$NHD = 0,034 \times \frac{NHM^{1,09}}{Ln^{0,09}} \quad (8)$$

Donde: NHD , es la necesidad hídrica diaria (mm d^{-1}).

- **Caudal ficticio continuo.** El caudal ficticio continuo se determinó a partir de la necesidad hídrica diaria y es el caudal que se requiere suministrar a una superficie de una hectárea en forma continua durante las 24 horas del día para cubrir la demanda evaporativa de la atmósfera (Ortiz, 2011).

$$qfc = \frac{NHD}{8,64} \quad (9)$$

Donde: qfc , es el caudal ficticio continuo ($l s^{-1} ha^{-1}$).

- **Caudal de riego en parcela.** Es el caudal que se requiere en cabecera de parcela, en función del caudal ficticio continuo, la eficiencia del método de aplicación del agua, tiempo de riego diario y el período de riego dentro de la frecuencia de riego (Ortiz, 2011).

$$Qrp = \frac{qfc}{Efa} \times \frac{24}{Trd} \times \frac{FR}{PR} \quad (10)$$

Donde: Qrp , es el caudal de riego en parcela ($l s^{-1} ha^{-1}$); Efa , es la eficiencia de aplicación del método de riego (decimal); Trd , es el tiempo de riego diario (horas); FR , es la frecuencia de riego (días); PR , es el período de riego (días). Para este proyecto, Trd fue de 24 horas, FR de 7 días, PR de 7 días y Efa de 0,7 (riego por aspersión).

- **Área a irrigarse.** El área máxima de riego se determinó al dividir el caudal concesionado para el caudal de riego en parcela.

- **Factor de ajuste para la distribución del agua.** El factor de ajuste global para distribuir el agua se obtuvo a partir de dividir el área máxima de riego para la superficie potencial de riego de la UCICMA. Este factor de ajuste no considera aspectos sociales, distribución de la tierra, agricultores dedicados a la agricultura, índice de pobreza, entre otros.
- **Caudal de entrega para cada comunidad.** Se determinó al multiplicar el factor de ajuste por la superficie de cada comuna y por el caudal de riego en parcela.
- **Encuesta.** No existe norma estadística que se pueda aplicar a este tema, debido a que se debe levantar información de campo (sistemas de producción). Por tal motivo, la encuesta se realizó a más del 50% de los agricultores (Ortiz, 2011).

3. Resultados y discusión

3.1 Datos generales de superficie

La superficie total potencialmente irrigable en la UCICMA fue de 1.666,36 hectáreas y se requiere un caudal de $950,55 l s^{-1}$ para irrigarla. La superficie que se puede irrigar técnicamente para cubrir las necesidades hídricas de los cultivos a partir del caudal concesionado es de $360 l s^{-1}$ fue de 619,96 hectáreas (Figura 2).

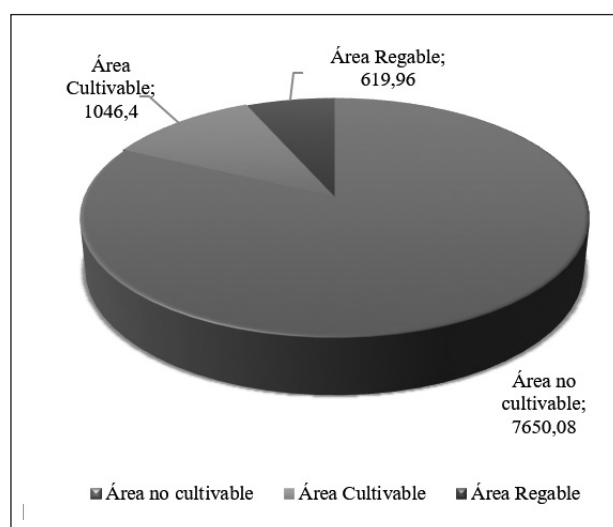


Figura 2. Superficie total de la UCICMA.

3.2 Patrón de cultivos

Se determinó una superficie cultivada de 810,09 hectáreas, distribuidas conforme la Tabla 1.

Tabla 1. Superficie cultivada

Cultivos	Área ha	NHD mm d ⁻¹	qfc l s ⁻¹ ha ⁻¹
Aguacate	36,78	1,81	0,21
Ají	1,00	2,67	0,31
Alfalfa	0,25	2,43	0,28
Arveja	120,00	2,33	0,27
Babaco	1,30	2,26	0,26
Cebada	19,69	2,04	0,24
Cebolla larga	0,55	2,77	0,32
Cebolla paiteña	2,25	2,26	0,26
Chocho	2,75	3,28	0,38
Reina claudia	1,24	2,41	0,28
Durazno	8,77	2,05	0,24
Fréjol	41,95	3,54	0,41
Granadilla	2,20	2,81	0,33
Haba	17,07	2,11	0,24
Hortalizas	1,10	2,47	0,29
Limón	6,55	1,40	0,16
Maíz	135,30	2,43	0,28
Mandarina	6,02	1,40	0,16
Manzana	1,89	1,95	0,23
Meloco	0,35	2,59	0,30
Mora de castilla	4,45	2,19	0,25
Naranja	3,45	2,14	0,25
Naranjilla	0,50	3,38	0,39
Ocas	0,75	2,10	0,24
Papa	41,63	2,57	0,30
Pasto mixto	273,40	2,46	0,29
Pera	0,33	2,67	0,31
Pimiento	0,50	2,67	0,31
Quinua	7,00	3,13	0,36
Taxo	2,81	3,28	0,38
Tomate de árbol	7,79	1,54	0,18
Tomate riñón (invernadero)	20,67	2,89	0,33
Tomate riñón (campo abierto)	7,28	2,65	0,31
Trigo	26,65	2,77	0,32
Uvilla	4,50	2,58	0,30
Zanahoria	1,25	1,68	0,19

El cultivo que cubre una mayor superficie es el pasto (mixto), con 273,48 hectáreas (33,76%), el cultivo perenne de mayor superficie fue el aguacate con 36,78 hectáreas (4,54%) y el cultivo de ciclo corto con mayor superficie fue el maíz con 135,33 ha (16,71%), alrededor del 9% del área cultivada son frutales (durazno, reina claudia, manzanas, etc.) y el 2% corresponde a cítricos (mandarina, limón naranja, etc.).

3.3 Requerimientos hídricos de los cultivos

3.3.1. Demanda hídrica de los cultivos

La demanda hídrica máxima se registró para el cultivo de fréjol con 3,54 mm d⁻¹, equivalente a un caudal ficticio continuo de 0,41 l s⁻¹ ha⁻¹ y el valor menor para el cultivo de limón, con 1,40 mm d⁻¹, equivalente a un caudal ficticio continuo de 0,16 l s⁻¹ ha⁻¹. El caudal ficticio continuo ponderado fue de 0,58 l s⁻¹ ha⁻¹.

El caudal de riego en parcela (Qrp), considerando la operación del sistema durante las 24 horas del día y un periodo de riego igual a la frecuencia de riego de siete días, para el cultivo de naranjilla fue de 0,58 l s⁻¹ ha⁻¹ y para el cultivo de limón de 0,23 l s⁻¹ ha⁻¹.

3.3.2 Demanda estacional

La demanda estacional es la cantidad de agua que se requiere para cubrir la demanda hídrica de los cultivos durante los 12 meses del año. El área máxima de riego considerando el caudal concesionado de 360 l s⁻¹ fue de 619,96 hectáreas, siendo el factor de ajuste de 0,37. La máxima demanda de agua se registró en los meses de enero y febrero, y la menor demanda en los meses de abril y noviembre (Figura 3). El caudal concesionado es constante a lo largo del año.

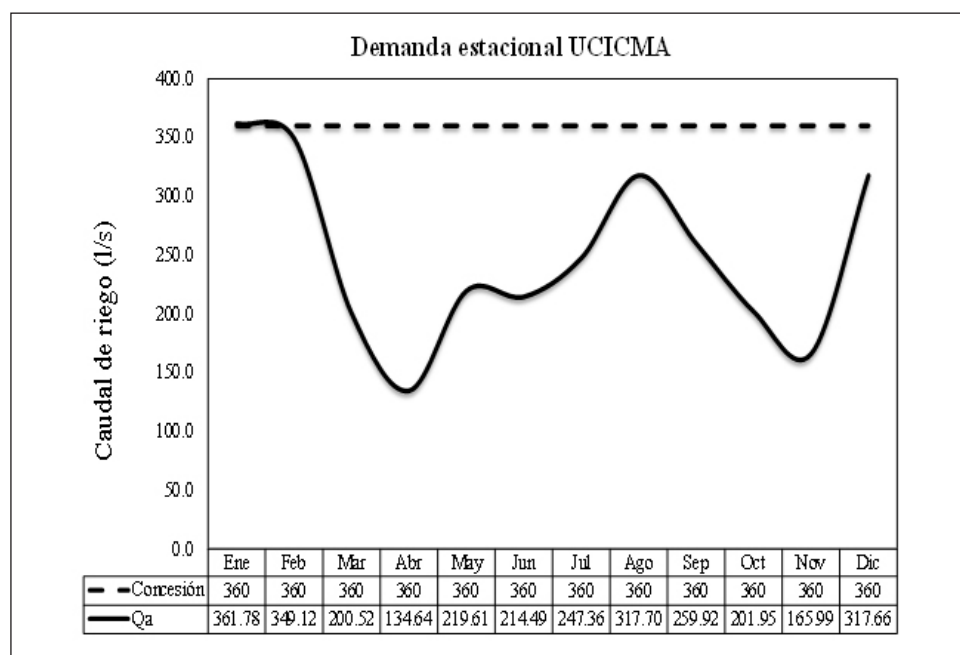


Figura 3. Demanda estacional.

3.4. Propuesta de distribución del caudal

La comunidad de Guanupamba demanda la mayor cantidad de agua (87,04 l s⁻¹) y Colimburo es la comunidad que demanda la menor cantidad de agua (6,48 l s⁻¹). La distribución planteada (Tabla 2), se realizó con base en la superficie que puede irrigarse técnicamente para cubrir las necesidades hídricas de los cultivos, considerando un ajuste equitativo a

partir del caudal concesionado; este ajuste no toma en cuenta aspectos sociales como: índice de pobreza, minifundios, comunidades dedicadas a la agricultura, organización social, entre otros factores.

La limitante encontrada en el presente estudio es la concesión otorgada por la Secretaría Nacional del Agua, la cual no permitirá cubrir la demanda hídrica de las tierras potencialmente agrícolas o cultivables

de la UCICMA. La curva de demanda estacional (Figura 3) muestra que, desde marzo hasta noviembre, el

caudal concesionado puede almacenarse en reservorios para incrementar la superficie de riego.

Tabla 2. Caudales para cada comunidad

Comunidad	Área cultivable ha	Área a irrigarse ha	Caudal l s ⁻¹
Los Árboles	195,00	72,55	42,13
El Inca	95,00	35,34	20,52
San Juan	68,00	25,30	14,69
El Tejar	37,33	13,89	8,06
Rumipamba	216,95	80,71	46,87
Peñaherrera	229,82	85,50	49,65
Guanupamba	402,89	149,89	87,04
Puetaqui	137,15	51,03	29,63
Yanajaca	30,12	11,21	6,51
El Alisal	55,00	20,46	11,88
Colimburo	30,00	11,16	6,48
La Florida	169,10	62,91	36,53
Total	1666,36	619,96	360,00

En el debate social para alcanzar los acuerdos sobre la distribución del agua, se recomienda considerar los siguientes aspectos en orden de importancia: i) agricultores dedicados a la agricultura; ii) minifundios; iii) índice de pobreza, y iv) organización social.

4. Conclusiones

La presente investigación permitió obtener las siguientes conclusiones:

- El caudal de riego máximo se registró en los cultivos de fréjol con 0,58 l s⁻¹ ha⁻¹, seguido del cultivo de tomate riñón bajo invernadero con 0,53 l s⁻¹ ha⁻¹; los cultivos con la menor demanda fueron: habas con 0,16 l s⁻¹ ha⁻¹ y el cultivo de tomate de árbol con 0,26 l s⁻¹ ha⁻¹.
- La superficie potencialmente irrigable fue de 1.666,36 hectáreas y se requiere un caudal de 950,55 l s⁻¹ para cubrir la demanda de agua de los cultivos; la superficie máxima posible de irrigarse técnicamente fue de 619,36 hectáreas considerando el caudal concesionado de 360 l s⁻¹.
- La distribución del caudal concesionado para las comunidades fue la siguiente: Los Árboles con 42,13 l s⁻¹, El Inca con 20,52 l s⁻¹, San Juan con 14,69 l s⁻¹, El Tejar con 8,06 l s⁻¹, Rumipamba con 46,87 l s⁻¹, Peñaherrera con 49,65 l s⁻¹, Guanupamba con 87,04 l s⁻¹, Puetaqui con 29,63 l s⁻¹, Yanajaca con 6,51 l s⁻¹, El Alisal con 11,88 l s⁻¹, Colimburo con 6,48 l s⁻¹ y La Florida con 36,53 l s⁻¹.

Referencias

- Allen, R., Pereira, L., Raes, D., & Smith, M. (2006). *Evapotranspiración del cultivo*. Manual Técnico No. 56. Roma: FAO.
- Corporación para el Desarrollo Social Económico y Productivo Cía. Ltda., CIPRADEC. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón San Pedro de Pimampiro*. Pimampiro, Ecuador: GAD. San Pedro de Pimampiro.
- FAO (2006a). *Evapotranspiración del cultivo*. Obtenido de: www.fao.org/home/es/
- FAO (2006b). *Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Obtenido de: <http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf>
- García, J. (1996). Redes colectivas, determinación de caudales. In *Sistema de riego por aspersión* (p. 45). Madrid: Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).
- Instituto de Ecología y Desarrollo de las Comunidades Andinas, IEDECA. (2015). *Diagnóstico de sistemas de producción de las comunidades de Mariano Acosta*. Ibarra-Ecuador: IEDECA.
- Instituto de Ecología y Desarrollo de las Comunidades Andinas, IEDECA. (2016). *Estudio de dinámicas productivas de las comunidades de la UCICMA*. Ibarra-Ecuador: IEDECA.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI. (2013). *Estaciones meteorológicas*. Obtenido de: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>
- Micucci, F., & Álvarez, C. (2005). El agua en la producción de cultivos extensivos. III. Impacto de las prácticas de manejo sobre la eficiencia de uso del agua. *INPOFOS Archivo Agronómico*, 8, 1-4.
- Ortiz, R. (2011). *Sistema de riego Podocarpus Yanguana: requerimientos de riego y planificación del sistema*. Loja, Ecuador.