



5

DOCUMENTOS
DE TRABAJO

WORKING
PAPERS

**Primera aproximación para identificar las
Unidades de Respuesta Hidrológica
Socialmente Efectivas (URHSE) en el
Departamento de Nariño, Colombia**
Rubén Darío Estrada, Jairo Burbano y Carla Gavilanes

Febrero de 2012



1.	Antecedentes	3
2.	Metodología utilizada	5
2.1	Estimación de biomasa.....	5
2.2	Costos de producción, rentabilidad y competitividad de la producción de alfalfa.....	6
2.2.1	Costos de producción.....	6
2.2.2	Rentabilidad y competitividad	6
2.3	Pasos metodológicos.....	8
2.4	Discusión técnica sobre la metodología utilizada	9
2.4.1	Balances hídricos y producción de biomasa	9
2.4.2	Rentabilidad privada, social y competitividad	9
3.	Principales resultados	10
3.1	Características del Departamento de Nariño.....	10
3.2	Proporción del área andina por encima de 2000 msnm.....	11
3.3	Producción de pasturas.....	11
3.4	Precipitación.....	14
3.5	Evapotranspiración	15
3.6	Balance hídrico	15
3.7	Costos de producción.....	18
3.8	Valor del producto	18
3.9	Competitividad.....	18
3.10	Encadenamientos de ingreso y empleo	21
3.11	Conclusiones.....	25
	Bibliografía	27



1. Antecedentes

Durante varios años le hemos dado gran importancia a la generación de caudales como elemento primordial para tomar decisiones sobre la compensación por servicios ambientales. Esto es fundamental para los acueductos y represas, pero juega un papel limitado cuando estamos utilizando este mismo principio para estimar adecuadamente la compensación que debemos dar a los productores agropecuarios por la prestación de servicios de uso/maximización del agua, con el objetivo de contribuir a reducir la pobreza. Con el primer enfoque, siempre los productores aguas abajo de una cuenca deben compensar a los de las partes altas; con el segundo enfoque, las cargas de la compensación se reparten espacial y temporalmente dependiendo de la contribución de cada productor a la reducción de la pobreza. Sobre el primer enfoque hay metodologías y muchos casos analizados; sobre el segundo se están desarrollando las metodologías y existen mucho menos casos implementados. En el primer caso, las compensaciones se centran sobre las empresas hidroeléctricas y los acueductos, mientras que en el segundo, las compensaciones integran a todos los productores con la sociedad, incluyendo el sector de servicios y a los consumidores.

Generalmente estimamos la compensación por agua con base en la productividad actual del sistema y no con la producción potencial. Esto hace que exista la tendencia que recomendamos a los productores que dejen pasar el agua y reciban la compensación como el mecanismo más eficiente. Generalmente lo hacemos porque estamos pensando en los precios sociales del recurso y no en el precio privado, que es muy inferior. Si consideramos los precios privados que se pagan actualmente, siempre será más eficiente utilizar la producción potencial de biomasa para estimar la magnitud de compensación para atacar pobreza, porque permite que los productores reciban más ingresos y tenga mayores encadenamientos que los que reciben y tienen actualmente por la compensación por agua (Estrada, 2011),

Para reducir la pobreza rural necesitamos que los pobres capturen beneficios a través de la venta de productos o participando de las compensaciones ambientales que se den por reducir las externalidades ambientales. Con los tratados de libre comercio de Perú y Colombia con los Estados Unidos y de Colombia con la Comunidad Económica Europea, se cambiará el precio de muchos de los productos agropecuarios que actualmente producen los pequeños productores, modificando su ingreso y por ende el precio social del agua para la producción de biomasa. También inciden en la captura de beneficios entre sectores, la concentración de riqueza y una tendencia a utilizar menos jornales. Todo esto hace que el potencial para reducir pobreza a través de externalidades ambientales disminuya si no hacemos los ajustes pertinentes. Importaremos cultivos semestrales (maíz, cebada, trigo, avena), en los cuales Estados Unidos tiene ventaja comparativa y pasaremos a cultivos permanentes, en los cuales la posibilidad de utilizar el agua para la producción comienza a ser más competitiva, ante la necesidad de producir en las épocas secas. En teoría, los biocombustibles tendrían ventajas comparativas pero si utilizamos los precios sociales del agua por productividad potencial, los beneficios generados por el sector deben ser repartidos en forma más amplia. Esto hace que mucha de las nuevas alternativas solo deberían ser viables si generan

más beneficios sociales y esto implica generación de empleo e ingreso para los más pobres (Estrada, 2011).

Para realizar estos análisis debemos integrar y generar metodologías que nos permitan evaluar espacialmente cómo es esta distribución. El beneficio que el agua genera a la sociedad a través de la producción agropecuaria debe ser mejor entendido en su contribución a superar pobreza y esto empieza por entender la relación entre el uso del agua y productividad de cultivos. En los Andes la temperatura y la precipitación varían espacial y temporalmente a través del año. La metodología debe, por lo tanto, capturar la variación espacial y temporal de la producción de cultivos.

En 1967, Turc sugirió un índice que en forma mensual estimaba el potencial de producción basado en tres variables: temperatura, radiación y disponibilidad de agua. Esta metodología ha sido utilizada por las compañías de seguro y en los análisis ex-ante de producción para predecir productividad en los países templados. En los Andes no hay información mensual disponible sobre la productividad. Por lo tanto necesitamos crear, con base en la fisiología vegetal, algoritmos que permitan estimar la productividad basado en datos mensuales de variables climáticas (Estrada, 2011).

Bajo estas condiciones necesitamos que la metodología que utilicemos en los Andes sea más precisa que el índice de Turc. Para lograrlo, Estrada (2011) ha propuesto hacer tres ajustes a la metodología de Turc: La primera es utilizar los tiempos térmicos (TT) que requiere cada cultivo para su desarrollo fisiológico; la segunda es estimar la interceptación de la radiación fotosintéticamente activa en el desarrollo de biomasa de cada cultivo, teniendo en cuenta el contenido de glucosa, almidón, proteína y aceite; la tercera es la relación entre la producción de materia seca del cultivo y el uso de agua (evapotranspiración) (Estrada, 2011).

Hay varios elementos que debemos considerar en forma más precisa. Erosión, rotaciones, profundidad de raíces, respuesta al consumo animal, rotaciones de pasturas, resistencia a heladas, intensidad del pastoreo, saturación de radiación en la hoja, humedad ambiental para fabricación de heno, utilización de forrajes de alta calidad para sustituir concentrados y los niveles de fertilización. Estos elementos están muy relacionados con las oportunidades de ampliar productividad por nuevos insumos y por los estímulos de un mercado más amplio generados por los tratados de libre comercio con Estados Unidos y la Comunidad Económica Europea. Permitirá evaluar cómo estos análisis complementarios permiten la competitividad y su impacto en la pobreza.

Para cumplir con el objetivo del enfoque de compensación para disminuir la pobreza, se requiere determinar en forma rápida cuáles son las Unidades de Respuesta Hidrológica Socialmente Efectivas (URHSE). Estas unidades se definen como aquellas aéreas donde los beneficios sociales



producidos por la externalidad ambiental¹ son superiores a los que se pueden alcanzar con su propia productividad.² De esta forma, es socialmente más eficiente que esta área la dediquemos a producir externalidades positivas que a incrementar su productividad. Esto se logra, pues en el caso del agua siempre hay un trade-off competitivo³ entre la producción de biomasa en la parcela donde se genera y donde se utiliza.

Con este trade-off en producción de biomasa, precios de productos, insumos y encadenamientos de ingresos y empleo, podemos estimar los beneficios totales máximos y cuál sería la compensación que los productores más favorecidos podrían dar a los que aportan los recursos, especialmente agua. Esto implica también hacer análisis de competitividad para garantizar que el sistema es sostenible en el mediano y largo plazo, y hacer análisis de distribución espacial de recursos y pobreza, pues los encadenamientos de ingreso y empleo están muy relacionados con los niveles de ingreso.

Este estudio espacial del departamento de Nariño es una primera aproximación para entender estas interrelaciones. En el sitio de documentos (DOCS) de la cuenta Web proaguagrande@gmail.com se presenta la información base para el análisis espacial. El formato permite a los investigadores hacer los cruces e interacciones que considere necesarios. Los resultados presentados son un primer esfuerzo que a juicio de los autores serían los resultados más representativos del Departamento de Nariño. El análisis se realizó para el cultivo de la alfalfa, que sería el cultivo de referencia de la evapotranspiración máxima que se lograría en la zona.

2. Metodología utilizada

La metodología está orientada a determinar espacialmente las URHSE. Para tal fin se hacen las siguientes estimaciones;

2.1 Estimación de biomasa

Para estimarla biomasa se han seleccionado tres criterios: temperatura, precipitación y necesidades de riego. Desde el punto de vista climático se han estimado los grados térmicos en las diferentes localidades, basados en las temperaturas máximas y mínimas mensuales por pixeles de 100 hectáreas del modelo Wordclim. Los grados térmicos fueron calculados con la ecuación

$$GT = ((T_{ma} + T_{min}) / 2) - T_b$$

¹Una externalidad es el efecto, positivo o negativo, que una persona o una empresa causa con su actividad sobre otra persona. Quien causa el efecto no recibe la compensación por el beneficio o no asume los costos por el perjuicio. Si los efectos de la externalidad son ambientales se denominan externalidades ambientales.

²La externalidad no tiene precio, pero sí se puede estimar cual es el beneficio marginal que se genera en el sistema de producción por utilizar estas externalidades. En la práctica lo que se compara es el ingreso neto por aumentar la productividad en su propia parcela si utilizara toda la externalidad, versus el beneficio marginal que se genera en la parcela donde se usa la externalidad.

³Un trade-off competitivo se da cuando el incremento del uso del recurso en una parcela automáticamente aumenta su producción y la reduce en la parcela donde esta se utilizaba.

Donde T_{ma} es la temperatura máxima, T_{min} es la temperatura mínima y T_b es la temperatura base. La temperatura base es la temperatura necesaria para que las plantas emitan sus primeras hojas (ODA, 1998). Esta aproximación es más precisa que utilizar la temperatura diaria promedio para estimar el crecimiento diario de las plantas, pues la temperatura base puede variar entre las especies. La temperatura base para alfalfa es 4°C.

Adicionalmente cada especie requiere un total de grados térmicos para llegar a su madurez fisiológica (maíz, 1200. Alfalfa, 770). Estas diferencias en requerimientos de grados térmicos resulta en una gran variación del tiempo calendario. (Yzarraga, *et al.*, 2007). En los pastos, el tiempo térmico (TT) es esencial para determinar la rotación entre pastoreos, que con los mismos grados térmicos, pueden durar entre 30 y 90 días calendario, dependiendo de los niveles de temperatura.

Con base en la productividad diaria se estima el uso consuntivo de agua del cultivo para poder lograr esa productividad. Esto se puede estimar con base en la alta correlación que hay entre la productividad y la evapotranspiración. En el caso de la alfalfa, se estima una evapotranspiración de 0,6 m³/k de biomasa seca producida. Los requerimientos de riego para cada localidad se estiman mensualmente, considerando el uso consuntivo y la precipitación

2.2 Costos de producción, rentabilidad y competitividad de la producción de alfalfa

2.2.1 Costos de producción

Los costos de producción se han dividido en dos grupos: los costos de establecimiento y los costos de producción anual. En los costos anuales se incluye la amortización de los costos de establecimiento, teniendo como horizonte de tiempo un periodo de 10 años. La amortización anual es lineal. El costo de establecimiento se dividió en 6 rubros principales: mano de obra, maquinaria, semilla, fertilización, plaguicidas, riego y costos indirectos. En el caso específico del Departamento de Nariño, se estimó la preparación del suelo con maquinaria y el corte de forraje con maquinas guadañadoras de uso manual.

2.2.2 Rentabilidad y competitividad

La alfalfa puede ser utilizada de muchas maneras y cada una de ellas tiene diferente rentabilidad y niveles de competitividad. La competitividad a precios privados y sociales se determinara para los sistemas de producción que consideran la alfalfa para alimentación directa de los animales. Bajo las condiciones de humedad ambiental de Nariño es muy complicado secar la alfalfa. Para estimar la rentabilidad privada se asume que los precios comerciales son los adecuados. Para estimar la rentabilidad social, se determina el precio sombra del recurso más escaso, que en el caso de Nariño es la mano de obra.

Para estimar la rentabilidad social se determinan los encadenamientos de empleo e ingreso (DeJanvry y Glikman, 1991)⁴. En el caso de la alfalfa, los encadenamientos de empleo se estiman hacia atrás, evaluando para cada rubro de inversión la distribución de los costos entre bienes transables, mano de obra y capital. Con esta metodología se puede separar la mano de obra directa y los encadenamientos de empleo respectivos, al considerar el valor del empleo total utilizado en la producción.

Para los análisis de competitividad se utilizó la matriz de análisis de políticas (MAP) (Monke and Pearson, 1989) que permite estimar los índices de CRD (Costo de los Recursos Domésticos) que mide la eficiencia de utilizar recursos internos en vez de importar los productos. Esta metodología se utiliza pues los productores enfrentan distorsiones en los precios del mercado sin información suficiente sobre el valor social de los recursos y el producto. El análisis compara los costos de oportunidad de la producción nacional con los beneficios sociales que ésta genera, eliminando todas las distorsiones cuantificables del mercado. Así mismo, estima el costo de oportunidad de ahorrar una unidad de divisa por la producción interna de los productos importados.

La MAP se construye teniendo en cuenta los ingresos, los costos y los beneficios tanto a precios privados como sociales. Los costos se dividen en transables y no transables.

El CRD está dado por la siguiente relación:

$$\text{CRD} = \text{Sumatoria del precio social de los insumos no transables} / \text{Precio social de la producción nacional} - \text{Sumatoria del precio social de los insumos transables}$$

Los precios sociales reflejan los precios sombras del producto y los insumos usados en la producción a nivel de finca. En este precio no se tienen en cuenta los impuestos, subsidios, aranceles de importación, cuotas y otros controles gubernamentales que afectan el precio de mercado. Los insumos transables (fertilizantes, combustible, maquinaria, etc.) pueden ser objeto de importación y/o exportación, mientras que los insumos no transables solo se negocian a nivel de país (tierra, agua y mano de obra).

En un costo de producción determinado pueden estar integrados los dos tipos de bienes. Por ejemplo, en la preparación de la tierra para la siembra de pastos un componente importante es la amortización del tractor que es un bien transable, mientras que el costo del operario, es un bien no transable. En este análisis se deben detallar los rubros de los costos de producción y en cada uno de ellos se estima el valor de los bienes transables y no transables (mano de obra y capital).

La ventaja competitiva existe cuando el CRD es mayor que 0 y menor que 1. Es decir, que el valor de los recursos domésticos utilizados en la producción, es menor que el valor de las divisas que se

⁴Estos datos tienen varios años, sin embargo ha sido poca la transformación que se ha producido en el agro para cambiar la magnitud de los encadenamientos. Han desaparecido y/o reducido el área algunos cultivos pero no ha existido un cambio sustancial en la mecanización, en la utilización de fertilizantes y en el valor del jornal.



ahorrarían en la importación. Si la relación es igual a 1 el país estaría indiferente entre importar y producir nacionalmente. Si el valor es mayor de 1 o menor que 0 se tienen clara desventajas competitivas. En el primer caso, el precio de los recursos internos es mayor que el valor de las divisas ahorradas por importación. En el segundo caso se gastan más divisas que el verdadero valor de los insumos para el país según el mercado internacional.

2.3 Pasos metodológicos

Para determinar las URHSE se proponen los siguientes pasos metodológicos que se deben realizar de manera secuencial:

1. Delimitación del área de estudio.
2. Distribución espacial de la temperatura máxima y mínima por pixeles de 100 hectáreas.
3. Distribución espacial del uso de la tierra y/o los sistemas de producción y sus rotaciones.
4. Distribución espacial de los tiempos térmicos para los diferentes cultivos encontrados en los sistemas de producción y sus rotaciones. Pixeles de 100 ha.
5. Distribución espacial de la productividad del cultivo basado en los grados térmicos. Pixeles de 100 ha.
6. Distribución espacial de la evapotranspiración con base en la productividad. Pixeles de 100 ha.
7. Distribución espacial de la precipitación mensual y anual. Pixeles de 100 hectáreas
8. Distribución espacial de la evapotranspiración neta por cada 100 ha. Para tal fin resta de la precipitación la evapotranspiración, considerando la productividad alcanzada con base en los grados térmicos.
9. Elaboración del modelo de costos de producción y competitividad. Inicialmente se estiman los costos de producción por ha. Posteriormente se determinan los costos de los diferentes insumos por tonelada producida. Para cada rubro de costos se determinan los bienes transables, la mano de obra y el ingreso per-cápita (Estrada, 2008).
10. Para cada cultivo y/o rotación mostrar la distribución espacial de la rentabilidad privada. Pixeles de 100 ha.
11. Para las parcelas con rentabilidad privada determinar la sostenibilidad de largo plazo considerando la pendiente y la disponibilidad de agua aportada por las partes altas. Pixeles de 100 ha.
12. Determinar el área máxima de riego para las partes bajas considerando la evapotranspiración con base en la productividad. Pixeles de 100ha.



13. Determinar la compensación por hectárea en las partes altas considerando los ingresos netos del área máxima de riego. Pixeles de 100 ha. Cuando el agua generada en las partes altas no alcanza para toda el área potencial, la compensación por hectárea se determina con base en los niveles de producción de los pixeles más eficientes en la utilización del agua.

14. Validación del modelo a nivel local. Con base en las distribuciones espaciales de los diferentes componentes se validan los parámetros resultantes contrastándolos con los encontrados a nivel de campo.

2.4 Discusión técnica sobre la metodología utilizada

2.4.1 Balances hídricos y producción de biomasa

Existe una gran discusión sobre la validez de utilizar aproximaciones más sencillas para determinar las externalidades ambientales generadas por agua. La zona andina (por encima de 2000 msnm) presenta varias características que permiten simplificar la metodología tradicionalmente utilizada para la estimación diaria de caudales. Las principales son:

- Rara vez la precipitación es superior a los 1200 mm/año y esto hace que la intensidad de la precipitación rara vez es superior a los 30 mm/media hora (Estrada, 2010). Revisando 2972 intensidades de precipitaciones se encontró que solo el 0.2% de los aguaceros tenían intensidades superiores a 23 mm/media hora. El 1.4% de los aguaceros tenía intensidades superiores a 5 mm/ media hora.
- Los suelos tienen una buena proporción de materia orgánica (8 -30%), lo cual hace que retengan una alta proporción de la precipitación.
- El volumen de agua del flujo lateral y la percolación son mucho más importantes que la escorrentía. Con los niveles de intensidad de la precipitación y la proporción de la materia orgánica, una parte importante del agua es retenida en suelo.
- -Por los factores mencionados la mayoría del agua percolada es retenida en el acuífero superficial, siendo muy poca la que se pierde en el acuífero profundo.
- La gran diferencia en los balances hídricos está relacionada con la diferencia entre la evapotranspiración real y potencial. Bajo estas circunstancias, la máxima productividad del agua está relacionada con la evapotranspiración potencial que depende de la retención de agua en el suelo y, especialmente, de la producción de biomasa, la cual está muy relacionada con el tiempo térmico.

2.4.2 Rentabilidad privada, social y competitividad

El punto fundamental de la competitividad se basa en que los sistemas de producción obtengan rentabilidad privada significativa. Si esto no es factible, los productores no adoptaran los sistemas propuestos. Es por eso que el primer filtro que se aplica para estimar los potenciales de compensación se basan en los ingresos netos privados generados por cada alternativa. Sin embargo, este factor puede crecer sustancialmente cuando además de tener rentabilidad privada muchas de las acciones se realizan con mano de obra. Esto permite aumentar los ingresos de los

jornaleros y este es un factor muy importante como multiplicador de ingresos en los sistemas andinos.

El nivel de encadenamiento de ingreso depende del estrato social al que pertenezcan las personas que realizaran el corte de la alfalfa. Esperamos que las personas que cortarán la alfalfa pertenezcan a estos estratos. Para hacer los cálculos del departamento de Nariño se utilizó el parámetro 2,3 veces encontrado por DeJanvry y Glikman (1991) en Ecuador.

3. Principales resultados

3.1 Características del Departamento de Nariño

El Departamento de Nariño tiene una extensión de 33.268km², correspondiente al 2.9% del territorio nacional y lo conforma 64 municipios. En el Departamento existen 67 resguardos, los cuales ocupan una superficie de 467 mil hectáreas (467 kilómetros cuadrados). Nariño limita al Norte con el Departamento del Cauca, al Sur con la República del Ecuador, al Oriente con el Departamento de Putumayo y al Occidente con el Océano Pacífico. Al ser un departamento limítrofe con Ecuador (comparten una frontera cercana a los 250 kilómetros), en varios aspectos la economía y la cultura de Nariño se relacionan fuertemente con la del vecino país. Por ejemplo, Ipiales y Pasto están situadas, respectivamente, a 4 y 5 horas por carretera de Quito, esto es, menos de la mitad del tiempo de lo que implicaría viajar hasta la ciudad de Cali.

El Departamento de Nariño lo componen tres grandes subregiones geográficas (figura 1). La Llanura Pacífica representa el 52% del territorio departamental. Esta región se caracteriza por una alta pluviosidad (3.000 mm/ anuales), fuertes temperaturas y una vegetación selvática. La región de la cordillera de los Andes ocupa el 46% del territorio departamental y su pluviosidad fluctúa entre 800 y 1500 mm/anuales. Su relieve montañoso alcanza alturas cercanas a los 5.000 m.s.n.m. La vertiente amazónica, que representa el 2% restante, se caracteriza por una vegetación selvática y de altas precipitaciones (superior a los 4.000 mm). Esta área se vincula económicamente con el departamento del Putumayo.

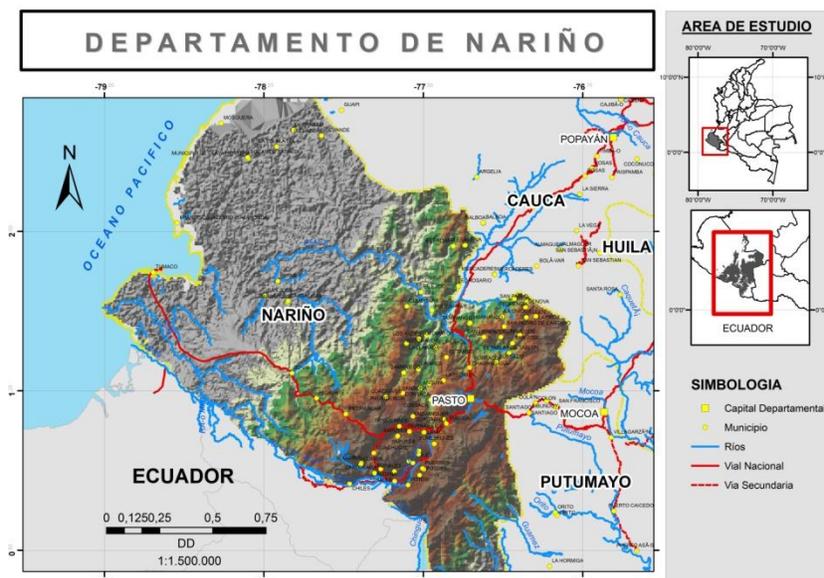
Los censos confirman la ruralidad de Nariño: en 1964 el departamento tenía el 70% de su población en el sector rural. En 2005 más de la mitad de la población de Nariño (53%) todavía vivía en zonas rurales, mientras en el total nacional (DANE, 2005^a y 2005^b) esa participación se había reducido al 24%. Nariño tiene 21 municipios con población igual o inferior a 10 mil habitantes y apenas tres municipios con más de 100 mil (Pasto, Tumaco e Ipiales). Esta situación demográfica confirma la condición de ruralidad del Departamento de Nariño así como su dependencia con el sector primario de la economía.

Como se puede ver en la Figura 1, la mayoría de los ríos del departamento nacen en la región andina y desembocan en el océano pacífico o en la amazonia. Esto hace que sea muy difícil que exista una compensación efectiva por servicios ambientales por agua. El caudal generado por la



zona andina se utilizaría en zonas con 3 o 4 veces más precipitación, haciendo que el agua generada en los Andes tenga poco costo de oportunidad.

Figura 1. Características del departamento de Nariño



3.2 Proporción del área andina por encima de 2000 msnm

En la figura 2 se presenta el área por encima de los 2000 msnm. Esta área representa el 26% del área del departamento.

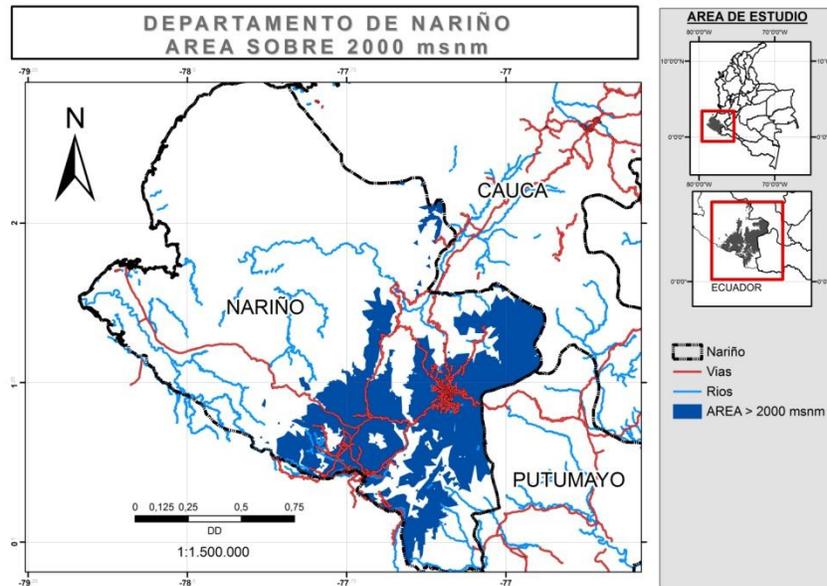
3.3 Producción de pasturas

La producción agropecuaria en Colombia ha estado en una situación crítica los últimos 10 años. El sector ha venido perdiendo competitividad. Con la apertura económica realizada entre 1990 y 1999, los aranceles se redujeron. Sólo el año 1992 pasaron del 31,5% al 15% (Jaramillo, 1994). El área sembrada en cultivos semestrales que crecía a un 4% anual, se redujo en 670 000 ha (18% del área sembrada). El PIB agropecuario paso del 17% a 11.5% en este mismo período (Perry, 2000).

Este cambio estructural hizo que la zona alto andina perdiera competitividad con respecto a los cultivos permanentes que comenzaron a sembrarse en las tierras bajas (plátano, palma de aceite, caña, cacao y caucho). Con la apertura económica salieron de la producción 110.000 hectáreas de trigo y cebada sin producirse un incremento sustancial en las aéreas sembradas en papa (160.000 ha en 1990 a 171.000 ha en el 2000). En la zona andina de Nariño se siguió el mismo patrón de comportamiento. Las siembras se redujeron en 53.000 ha al pasar de 152.000 a 99.000 ha. En el

año 2010 sólo se sembraron 294 ha de cebada y 7920 de trigo. El área sembrada en papa se redujo levemente (29.000 en 1987 a 26.000 en el 2005). El área sembrada en papa representa el 36% del área sembrada en cultivos transitorios, la de trigo el 26%, la de frijol en 10 % y el maíz añero el 8% (ENA, 2007. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural). En cultivos de partes bajas existían 87.000 en cultivos dominando el área los cultivos de plátano, palma y café.

Figura 2. Localización de la zona andina por encima de 2000 msnm



Bajo estas circunstancias la ganadería de leche comenzó a ocupar el espacio dejado por los cultivos transitorios en las partes altas. En el año 1995 la ganadería de leche ya representaba el 45% del PIB agropecuario del departamento de Nariño y en el 2007 la agenda interna para la productividad y la competitividad seleccionó al sector lechero como la primera prioridad. (DNP, 2007) por su potencial para producción de quesos.

Las zonas ganaderas basada en la rotación de pasturas y papas que utilizaba muy eficientemente el abono residual de la siembra de papa, dejaron de ser funcional por las diferencias en áreas (26.000 en papas vs 300.000 en ganadería) y la situación se agravo por el incremento en las lluvias, que llevaron a muchos productores a dejar de sembrar papa entre el año 2009-2011. Esto llevo a la necesidad de hacer un plan estructurado para aumentar la calidad de las pasturas, pensando más en cultivos permanentes de largo plazo (10 años) que en pasturas de 3 a 4 años para rotar con papa.

Como puede verse en la figura 3 el departamento es muy frio para la producción de pasto Kikuyo (*Penisetum clandestinum*). Solo existen algunos pequeños nichos para una producción eficiente pero, en general, la producción de biomasa sería inferior 6000 k MS/ha año. La opción más valida

sería la siembra de raygrass (*Lolium*) y alfalfa (*Medicago sativa*), como puede verse en la figura 4. Con los grados térmicos de alfalfa se podrían obtener unas 14 t MS/ha/año, promedio de 10 años.

Figura 3. Distribución espacial de Tiempos Térmicos para el pasto Kikuyo

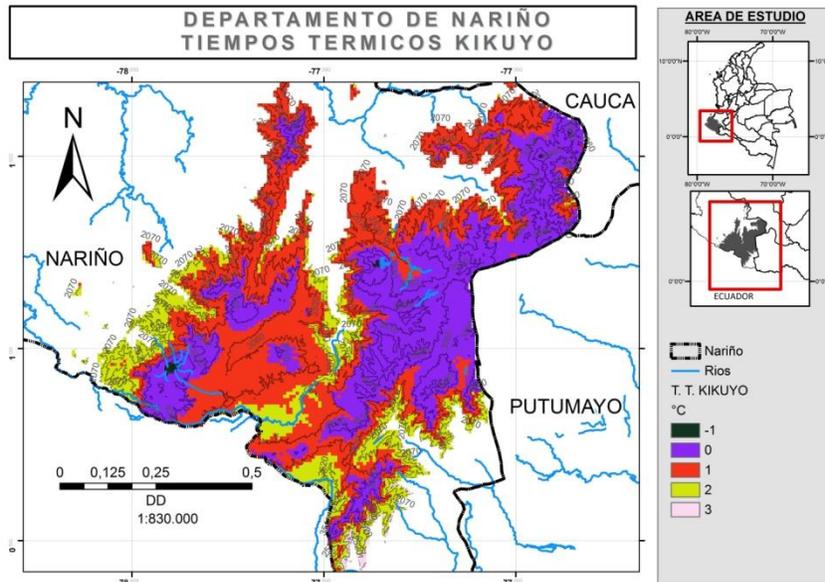
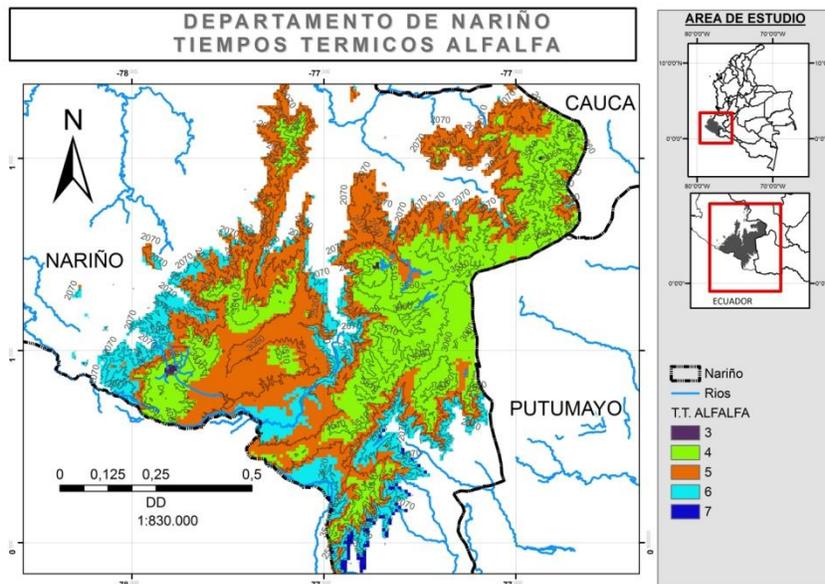


Figura 4. Distribución espacial de Tiempos Térmicos para alfalfa



Esto se puede comprobar con los experimentos de renovación de pasturas que realizaron Sánchez y Villaneda, 2009, auspiciados por FEDEGAN, en el departamento de Nariño. Después de la renovación, el raygrass era el forraje con mayor proporción en la pastura (44.6 %) pero fue desapareciendo en el tiempo (28.1%). En los valles de Ubaté y Chiquinquirá, con menor altura

(2500 msnm) y el mayor potencial (por tiempos térmicos) de producción del pasto Kikuyo, este dominaba (Cuadro 1). Se puede observar también que a medida que tenemos menos altura la rotación de la pastura se demora menos tiempo, siendo Nariño el departamento donde el intervalo entre pastoreo es más alto (Cuadro 2), mostrando que es la zona lechera de mas altura en Colombia.

Cuadro 1. Producción de pasturas alto andinas en diferentes localidades

Efecto de la recuperación de praderas sobre oferta y cobertura de forraje

Región	Tratamiento	Rendimiento y Cobertura de Praderas			
		Forraje (t FV/ha)*	Kikuyo (%)	Raigras (%)	Trébol (%)
Ubaté Chiquinquirá	Renovado	30.1	49.0	34.0	17.0
	General	24.4	57.5	42.0	1.2
Sabana de Bogotá	Renovado	24.8	50.0	21.9	11.6
	General	19.5	62.3	12.3	6.2
Alto Chicamocha	Renovado	22.6	28.2	31.4	22.6
	General	18.0	27.6	16.6	7.6
Nariño	Renovado	16.4	35.9	44.6	13.5
	General	14.3	36.8	28.1	14.0

Cuadro 2. Manejo y producción de pasturas en diferentes localidades

Características de explotaciones lecheras especializadas monitoreadas

Región	Indicadores de la explotación				
	Área	Praderas			
		Lotes	Descanso (días)	Forraje verde (t/ha/corte)	Materia Seca (%)
Ubaté - Chiquinquirá	9.6 – 22.6	17 – 32	52 – 69	13.4 – 34.6	12.3 – 17.9
Sabana de Bogotá	10.0 – 30.8	7 – 16	41 – 93	10.6 – 36.9	12.7 – 26.3
Alto Chicamocha	8.4 – 10.6	10 – 20	53 – 79	17.4 – 26.3	13.7 – 19.4
Nariño	2.8 – 65.0	3 – 16	61 – 83	8.6 – 28.0	15.6 – 25.4
Antioquia	12.0 – 25.0	10 - 22	40 – 45	15.6 – 37.4	12.9 – 16.4

3.4 Precipitación

Como se puede ver en la figura 5, la precipitación varía entre 9000 y 23000 m3/ha/año. Sin embargo, su distribución no es uniforme en toda la región andina de Nariño. La mayoría del área



tiene una precipitación de 9000 m³/ha/año (900 mm/año). Existe también una área más lluviosa (hasta 30800 m³/ha/año.) en la zona que limita con el Putumayo.

Con las precipitaciones normales se podrían obtener hasta 20 t MS/ha/año, mostrando que el verdadero limitante para la producción de alfalfa es la temperatura. En las zonas más lluviosas, el principal problema para la producción de alfalfa es la excesiva precipitación en una época del año.

3.5 Evapotranspiración

La evapotranspiración potencial promedia que se puede lograr es de orden de 3.6 mm/día; esto es, unos 13400 m³/ha/año. A pesar que en muchos sitios existe agua disponible en el suelo para una mayor evapotranspiración, no se realiza por la falta de temperatura.

3.6 Balance hídrico

En la figura 6 se presenta la distribución espacial del balance hídrico cuando el área del departamento está dedicada a la producción de alfalfa. Con este balance se podría afirmar que existe un gran potencial de producción de alfalfa pero que ésta solo se puede alcanzar en aquellos sitios donde las precipitaciones son inferiores a 1500 mm/anuales. Solo existen pequeñas áreas donde el agua es un factor limitante pero este déficit hídrico representa, en los casos más extremos, unos 255 mm/anuales para lograr el potencial de producción determinado por la temperatura.



Figura 5. Distribución espacial de la producción de biomasa de alfalfa basado en la aproximación de Tiempos Termicos

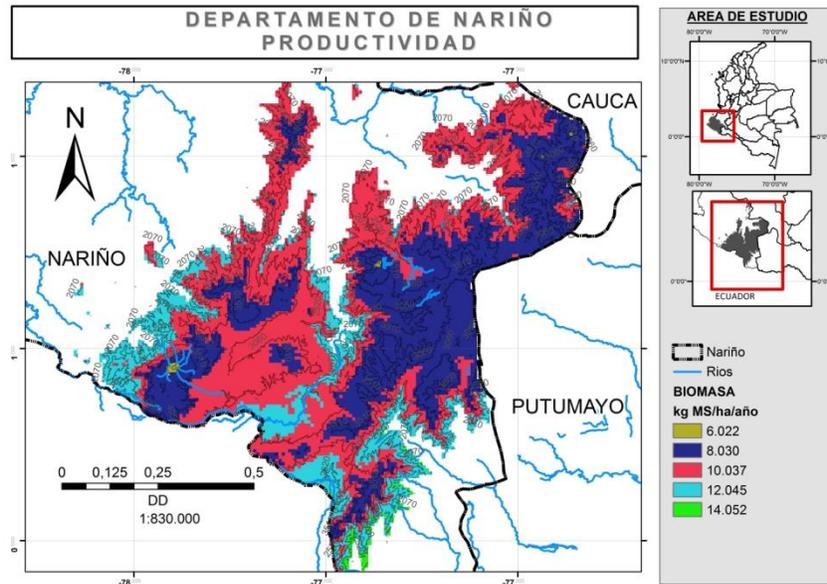


Figura 6. Distribucion espacial de la Precipitación anual (m3/ha)

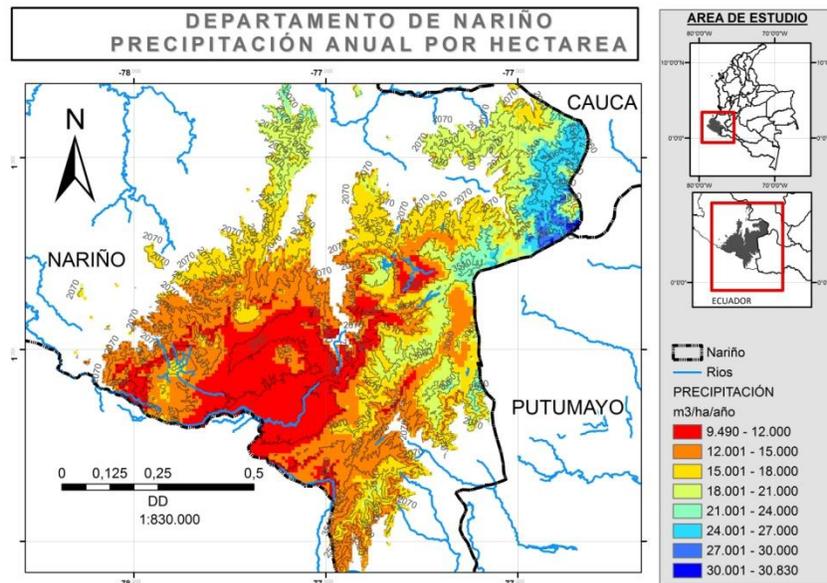


Figura 7. Distribución espacial de la Evapotranspiración (m³/ha/año)

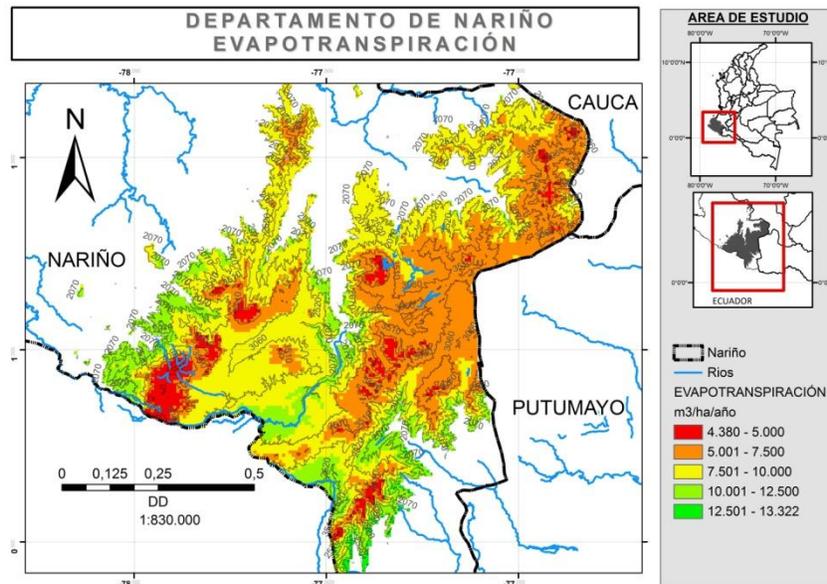
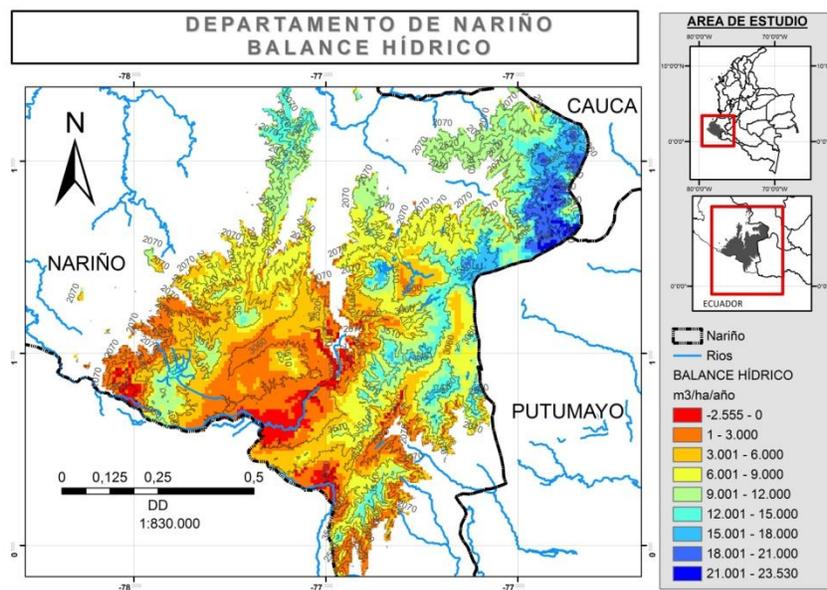


Figura 8. Distribución espacial del balance hídrico de la producción de alfalfa



3.7 Costos de producción

En el cuadro 3 se presentan los costos de producción por hectárea y por tonelada de materia seca de alfalfa, para el Departamento de Nariño, según la experiencia de las siembras de COLACTEOS. La tonelada de forraje seco se puede producir a USD 120. Los rubros más importantes son la mano de obra directa (USD 66.7/t), los fertilizantes (USD 23.8/t) y la gasolina para las guadañas (USD 21.3/t). Los insumos transables representan 44,8 USD/t y la mano de obra total (directa y encadenamientos hacia atrás) representa USD 73,7/t. Los encadenamientos de empleo hacia atrás son, aproximadamente, el 8% (COLACTEOS, 2011).

3.8 Valor del producto

En el Cuadro 4 se presenta el valor de la alfalfa dependiendo de su uso alternativo. La alfalfa se puede utilizar para sustituir tortas oleaginosas de alto contenido de proteína, concentrados y forrajes. Si se utiliza para sustituir las tortas su precio es cercano a los USD 300/t, pues el punto más importante es el contenido de proteína. Si la utilizamos como fuente de energía, el papel más importante es sustituir concentrados en las vacas que tienen producciones inferiores a 15 l/día. Si la alfalfa se utiliza para complementar pasturas el precio mínimo estaría por el orden de los USD 150/t. Este precio es el que se utiliza en los mapas para mirar la distribución espacial de los ingresos netos y los beneficios por encadenamientos de ingresos.

3.9 Competitividad

El indicador costo del recurso domestico mide la competitividad del sistema. En el cuadro 5 se presenta este indicador para diferentes usos de la alfalfa. Como se puede ver el CRD varía entre 0,17 y 0,72, dependiendo de la fuente que sustituye, y se utiliza como fuente de energía o proteína. El sistema es muy competitivo para todas las alternativas pero en especial para compensar concentrados y pasturas aportando la proteína (0,14 y 0,17 respectivamente). Puede jugar un rol muy importante en la sustitución parcial de proteína de tortas oleaginosas, en vacas de alta producción. Su capacidad para remplazar energía es mucho menos importante pero puede jugar un papel cuando sustituye parcialmente las tortas oleaginosas. Si quisiéramos utilizarla para sustituir la energía del forraje de maíz, pierde rápidamente su ventaja competitiva (0,72). Con los tratados de libre comercio se crea la oportunidad de importar Destilados de Granos de alta Densidad (DDG), que tienen 30 % de proteína y 2,0 Mcal/k MS. Bajo estas circunstancias la producción de alfalfa seguirá siendo competitiva.

Cuadro 3. Costos de producción de alfalfa en Nariño (USD)

	Unidad	Cantidad	Valor	Valor	Valor	Insumos transables		Mano de obra		Capital	
			Unidad	Ha	Ton.	Fracción	Aporte	Fracción	Aporte	Fracción	Aportes
Productividad (t/ha-ciclo)		150									
Duración (años)		10									
Costos											
Mano de obra		1.000		10.000	66,7			1	66,7		
Preparación	Jor.	20	10	200	1,3						
Siembra/resiembra	Jor.	20	10	200	1,3						
Deshierba	Jor.	250	10	2.500	16,7						
Fertilización establecimiento	Jor.	20	10	200	1,3						
Mantenimiento y fertilización anual	Jor.	150	10	1.500	10,0						
Cosecha	Jor.	540	10	5.400	36,0						
Semilla	Kilos	25	10	250	1,7	0,6	1	0,3	0,5	0,1	0,17
Fertilizantes (10 años)											
Urea	Kilos	0	0,2	0	0,0	0,8	0,0	0,15	0,0	0,05	0,0
0-46-0	Kilos	3.000	0,9	2.647	17,6	0,8	14,1	0,15	2,6	0,05	0,9
KCL	Kilos	1.000	0,6	600	4,0	0,8	3,2	0,15	0,6	0,05	0,2
Cal	Kilos	2.000	0,2	400	2,7	0,2	0,5	0,8	2,1	0	0,0
Gasolina	Galones	800	4	3.200	21,3	1	21,3	0	0,0	0	0,0

Fitosanitarios		500	1	500	3,3	0,8	2,7	0,1	0,3	0,1	0,3
Maquinaria y equipo											
Arada	Hor.-M	3	30	90	0,6	0,6	0,4	0,2	0,1	0,2	0,1
Rastrada	Hor.-M	2	20	40	0,3	0,6	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1
Surcada	Hor.-M	1	20	20	0,1	0,6	0,1	0,2	0,0	0,2	0,0
Corte guadaña	1	700	467	3,1	0,6	1,9	0,2	0,6	0,2	0,6	3,1
Costos directos				18.213	121		44,8		73,7		2,4

Cuadro 4. Precio de alfalfa, según uso					
Producto a sustituir	Composición bromatológica		Valor producto	Valor equivalente alfalfa (USD/t)	
	Proteína (%)	ENL (Mcal/k)	USD/t	Proteína	ENL
Tortas de oleaginosas					
Soya	46	1,9	550	299	434
Algodón	37	1,7	450	304	397
Concentrados	18	2	400	556	300
Forraje maíz	8	1,5	150	469	150
Alfalfa	25	1,5			

Cuadro 5. Costo del recurso domestico (CRD)		
Producto a sustituir	CRD	
	Proteína	Energía
Tortas de oleaginosas		
Soya	0,299483	0,195434
Algodón	0,293544	0,216045
Concentrados	0,149004	0,298207
Forraje maíz	0,179513	0,723345

3.10 Encadenamientos de ingreso y empleo

A pesar que la producción de alfalfa es una buena generadora de empleo (entre 70 y 110 jornales en las zonas más representativas), los encadenamientos hacia atrás son muy bajos (8%). Esto hace que la podamos recomendar para aquellas zonas rurales, que cumpliendo con las condiciones climáticas, tienen que generar empleo para grupos objetivos claramente identificados. Los encadenamientos de ingreso dependen del estrato social de la población que se encargará del corte, que es la actividad que más empleo genera. Estos estudios no se han realizado para el caso del departamento de Nariño pero será una prioridad cuando se siembren las parcelas pilotos donde se validara el modelo fisiológico, económico y social. Para ilustrar el caso se utiliza los encadenamientos de ingreso utilizados por DeJanvry y Glikman (1991) para Ecuador.

En las figuras 9, 10, 11 y 12 se presenta la distribución espacial del ingreso neto, los jornales directos, los jornales encadenados hacia atrás, los encadenamientos de ingreso y los beneficios totales.

Figura 9. Distribución espacial de los ingresos netos

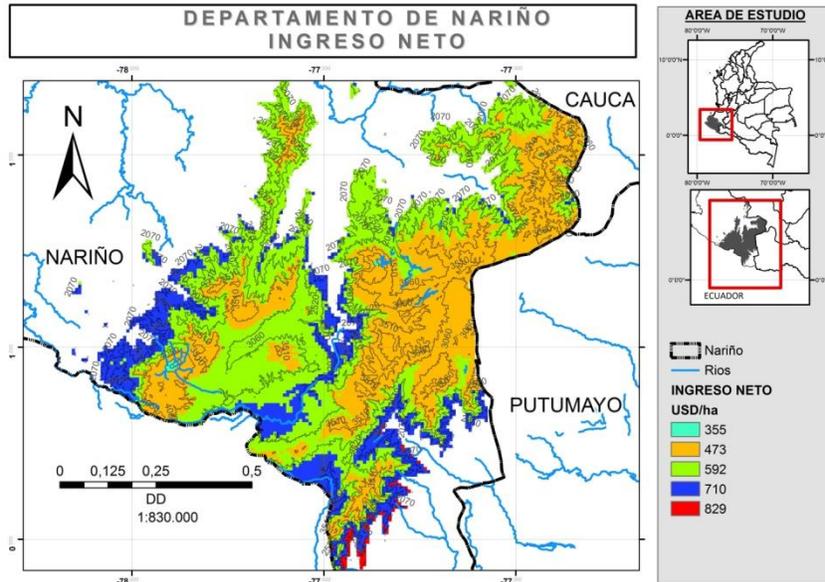


Figura 10. Distribución espacial de los jornales directos

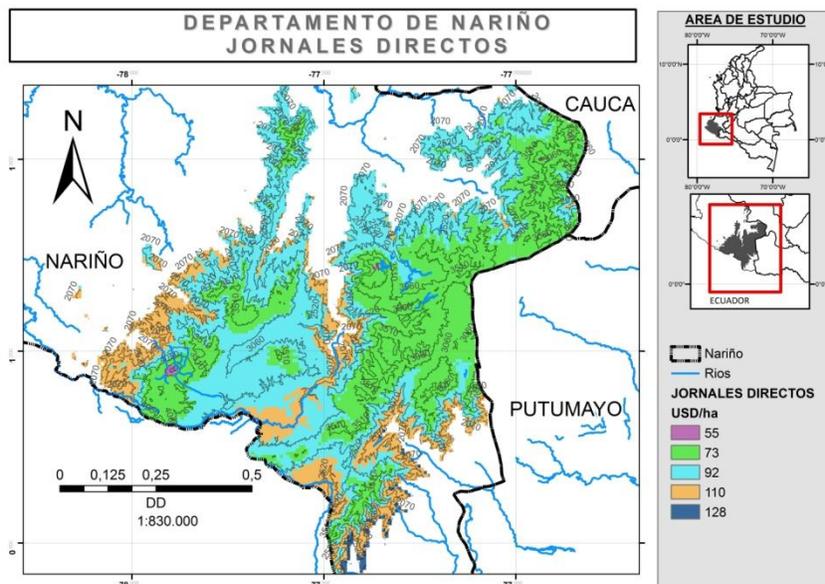


Figura 11. Distribución espacial de los jornales encadenados

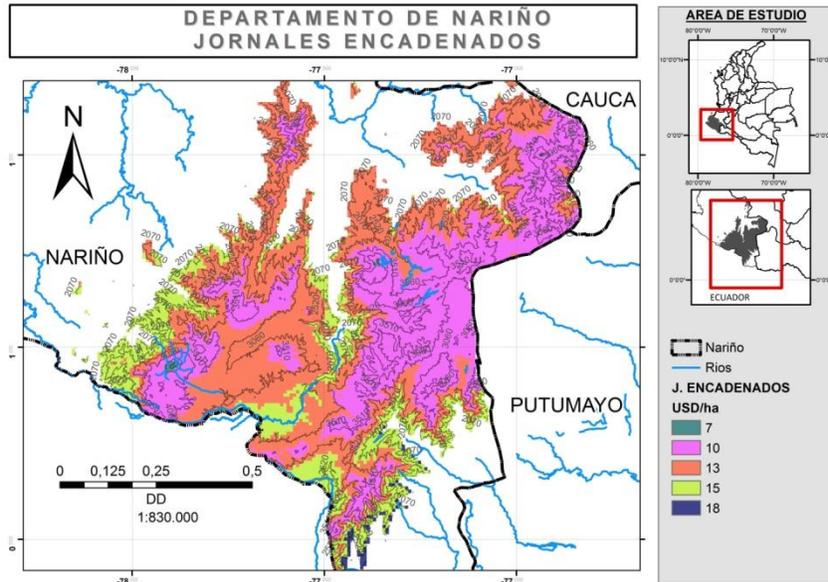


Figura 12. Distribución espacial de los beneficios por encadenamientos de ingreso

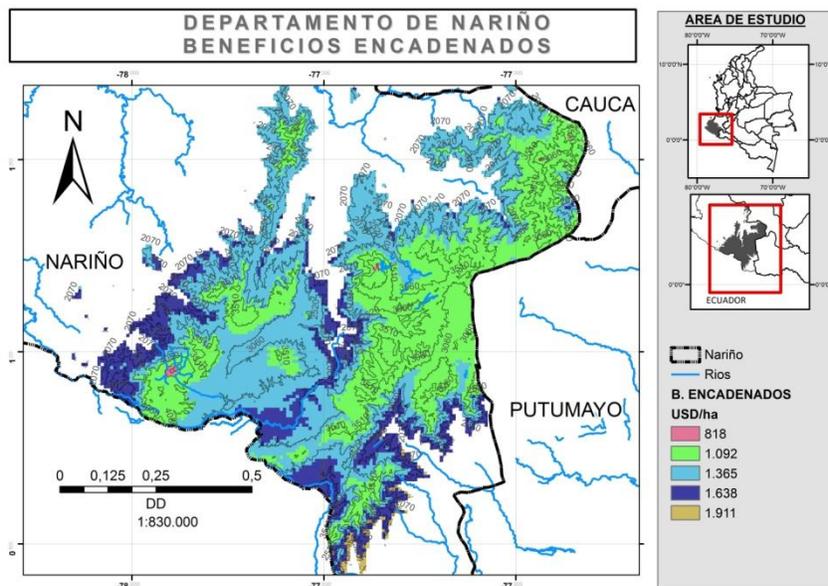


Figura 13. Distribución espacial de los beneficios totales

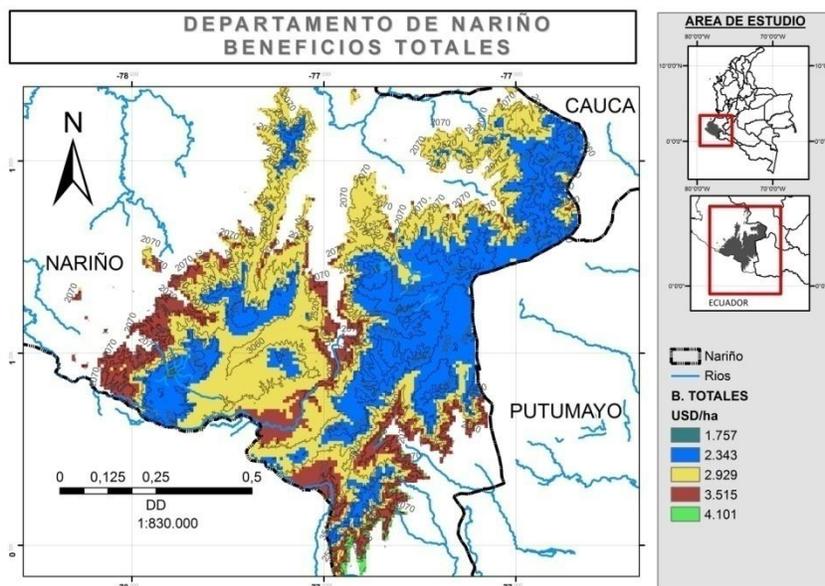


Figura 14. Distribución espacial de las zonas con exceso y deficit de agua

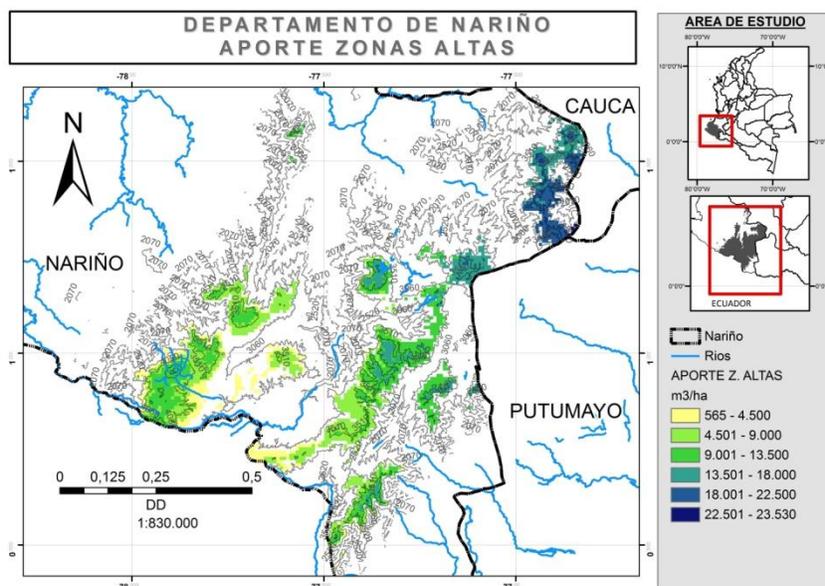
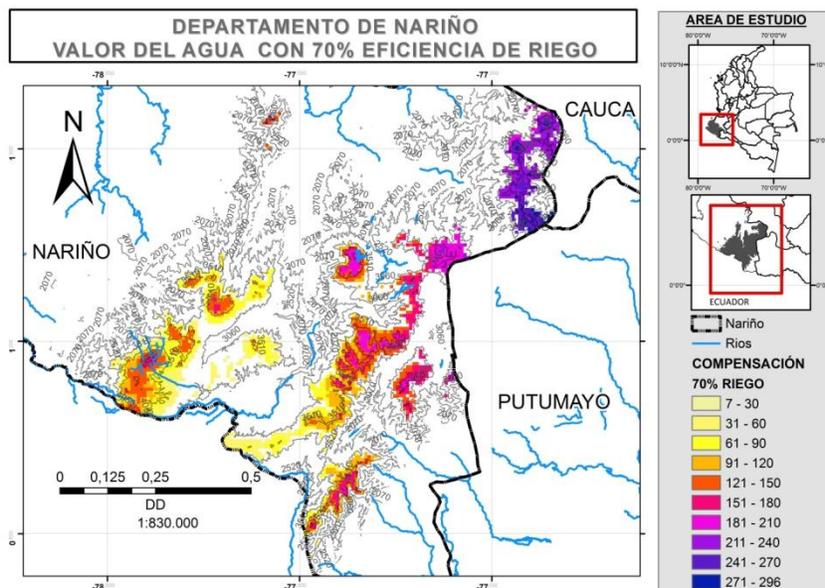


Figura 15. Distribución espacial del valor del agua por hectárea a un precio comercial (2 centavos de USD/m³)



3.11 Conclusiones

Como se puede ver, existen muy pocas áreas en el departamento de Nariño donde hay URHSE que son aquellas donde un productor dado deja pasar su agua para que la utilice otro productor que tiene mayor potencial de producción por m³ de agua o que puede establecer un sistema de producción que genere más beneficios sociales, que utilizando el agua en su propia parcela. Los principales puntos son:

- Para que se generen las URHSE el exceso de agua que se genere en la parte alta debe ser utilizado por otro sistema de producción en la parte baja de la cuenca. Apenas el agua sale del altiplano comienza a incrementar el caudal de ríos que van al Putumayo y al Pacífico donde cada vez más se incrementa el caudal por los niveles altos de precipitación (entre 2000 y 4000 mm anuales). Estas partes bajas no tienen déficit de agua y en consecuencia no se generan las URHSE.
- Como se aprecia en los balances hídricos, existen muy pocas áreas con déficit hídrico y estas se encuentran localizadas en las partes altas de ríos que corren hacia el Pacífico. Este déficit es de solo dos meses y es más económico reducir la producción que implementar un sistema de riego para utilizarlo poco a través del año.
- El poco déficit hídrico se genera por dos factores. Una baja temperatura que hace que la evapotranspiración sea limitada y niveles de precipitación superiores a los que existen en estos

niveles de altura. Con 1000 mm anuales existe suficiente agua para llenar los requerimientos de producción que se da con la temperatura existe en la región.

- Bajo estas circunstancias siempre será más rentable incrementar la producción en la región utilizando prácticas de manejo y fertilizantes que dejarla pasar para que un sistema más eficiente la utilice aguas abajo. En la práctica no existe la necesidad del agua ni tan poco un sistema más eficiente que la alfalfa para atacar pobreza.

- La ganadería cada vez más se está convirtiendo en la principal actividad del departamento. Esta ganadería se ha realizado con base en pasturas como Ryegrass y Kikuyo. El primero es muy susceptible a la sequía por la poca profundidad de raíces (25 cm) y el segundo es muy susceptible a las heladas y el área es muy fría para una producción óptima. Estos dos problemas se pueden corregir con la alfalfa. Tiene raíces que fácilmente pueden llegar a 4 metros y resiste heladas de -4°C.

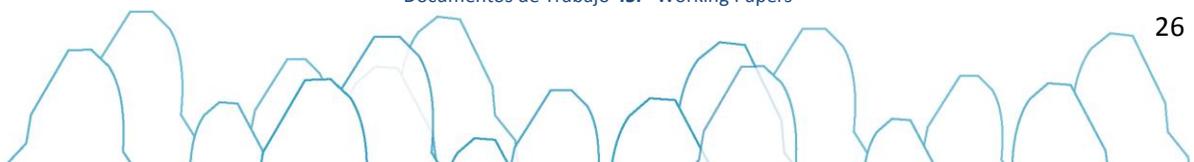
- En la zona la temperatura es adecuada para producir unas 15 t MS /ha promedio de 10 años de cultivo, que le permite alcanzar una rentabilidad privada adecuada y grandes beneficios sociales por los encadenamientos de ingreso y empleo.

- En la zona la radiación y la temperatura son muy bajas para poder fabricar heno de alfalfa. Por lo tanto la alfalfa debe ser cortada todos los días, para alimentar con forraje verde el ganado, generando 100 jornales por hectárea. Este costo adicional de la mano de obra se ve compensado por el alto precio sombra que puede alcanzar la alfalfa cuando se utiliza para sustituir parte de las fuentes de proteína y/o el concentrado.

- En la zona hay muy pocas áreas sembradas en alfalfa y por lo tanto la zona está muy vulnerable al cambio climático que va a incidir en los períodos de sequía. Una mayor área de alfalfa servirá como seguro al cambio climático generando más empleo. En esos años de sequías extremas la alfalfa se comportará mucho mejor que los pastos como Kikuyo y Raygrass (con menores profundidades de raíces) y adicionalmente se podrá producir el heno de alfalfa, que no se puede fabricar permanentemente por la alta humedad ambiental. Esto permitiría transportar alfalfa regionalmente sirviendo como un seguro para toda la región.

-Para poder diseñar un mecanismo para compartir beneficios generalmente hay que crear inicialmente un sistema que genere nuevos beneficios. Como se ha visto en toda la discusión hay muy pocas posibilidades de generar nuevos beneficios a través de externalidades ambientales.

-Haciendo un trade-off entre generar un sistema para compartir beneficios por externalidades y compartir beneficios por incrementar la producción, en las condiciones del altiplano de Nariño es más eficiente dedicar los esfuerzos a incrementar la producción a través de la siembra de alfalfa. Esto permite aumentar la productividad de leche, ser más eficiente en la utilización de la precipitación al permitir utilizar toda el agua retenida en el suelo, utilizar menos fertilizante y generar empleo adicional teniendo rentabilidad privada positiva.



Bibliografía

Departamento Nacional de Planeación, Colombia. 2007. **Agenda interna para productividad y la competitividad**. Documento regional Nariño. 58 p.

DeJanvry, A y P. Glikman. 1991. **Estrategias para mitigar la pobreza rural en América Latina y el Caribe; Encadenamientos de la producción en la Economía campesina en el Ecuador**. IICA, FIDA. 530 p.

Estrada, R.D. 2011. **Diseño de mecanismos para compartir beneficios privados y sociales: Estudio de prefactibilidad de la siembra de alfalfa en el departamento de Nariño**. RIMISP .Documento en proceso.

Estrada, Rubén Darío. 2011. **Ajustes al índice de potencialidad agrícola de Turc para lograr mejores diseños de los mecanismos para compartir beneficios en los Andes**. Documento de trabajo nº2 Proyecto Agua en Los Andes: Compartiendo Beneficios. Rimisp, Santiago, Chile

Jaramillo, Carlos Felipe. 1994. **Apertura, crisis y recuperación**. Tercer Mundo Editores, Bogotá, Octubre.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Colombia. 1997. **Transformaciones del agro colombiano en el nuevo modelo de desarrollo**. Santafé de Bogotá, Marzo.

Oregon Department of Agriculture (ODA). 1998. **On-Farm Development of A Growing Degree Day Based Management Schedule to Enhance Grass Seed Production and Reduce Potential Environmental Losses of Nitrogen**. Natural Resources Division.

Perry, S. 2000. **El impacto de las reformas estructurales en la agricultura colombiana**. Serie desarrollo productivo, No 94. Comisión económica para América latina y el Caribe, Naciones unidas. Santiago de Chile, 37 p.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia y Universidad Externado de Colombia. 2007. **Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico de la cadena láctea colombiana**. Bogotá. D.C.

Monke, E. and S.R. Pearson. 1989. **The Policy Higher than Taxes via Market Distortions Analysis Matrix for Agricultural Development**. Cornell University Press, Ithaca, NY.

Sánchez M., Leonardo y Edgar Villaneda Vivas. 2009. **Renovación y manejo de praderas en sistemas de producción de leche especializada en el trópico alto colombiano**. Colombia. Corpoica. FEDEGAN, COLCIENCIA, 24 p.

