



IMPACTOS DE TECNOLOGÍAS AGRARIAS

ARTÍCULO ORIGINAL

Utilización de los sistemas de posicionamiento global y de información geográfica para la verificación de los índices de consumo de combustible y los indicadores de productividad de la maquinaria agrícola

Utilization of the global positioning and geographic information systems for the verification of the indexes of consumption of fuel and the indicators of productivity in agricultural machinery

Damián Lora Cabrera¹, Roberto Ramos González¹, Armando Eloy García de la Figal Costales²

RESUMEN. Los estudios realizados con la utilización de los sistemas de posicionamiento global -acompañado de un sistema de información geográfica- en la Empresa Pecuaria “Niña Bonita” en las labores de preparación de suelo demostraron que los índices de consumo de combustible y los indicadores de productividad empleados por la entidad no se ajustaban a las condiciones concretas de explotación. Este trabajo se realizó con el objetivo de exponer los resultados alcanzados durante el muestreo aleatorio y el análisis de los indicadores antes mencionados. La introducción de las herramientas de agricultura de precisión permitieron que con la rectificación de los nuevos indicadores se redujeran los gastos de salario y de combustible en 26,4 y 23,37% respectivamente por cada hectárea trabajada, lo que equivale a un ahorro de los gastos de explotación de 25,94 peso/ha.

Palabras clave: control, costos operativos, eficiencia.

ABSTRACT. Studies accomplished with the global positioning system -accompanied of a geographic information system- at Cattle Enterprise “Niña Bonita” in the chores of soil preparation demonstrated that the indexes of consumption of fuel and the indicators of productivity used by this enterprise did not adjust to concrete conditions of exploitation. This work was carried out with the objective of exposing the results reached before during the aleatory sampling and the analysis of the indicators mentioned. The introduction of precision agriculture tools permitted than with the rectification of new indicators, the salary and fuel expenses decreased in 26,4 and 23,37% respectively for each worked hectare, it is equivalent to a saving of the exploitation expenses in 25,94 peso/ha.

Keywords: control, operating costs, efficiency.

INTRODUCCIÓN

En Cuba muchos cultivos se siembran en extensiones relativamente grandes de tierra y se les realizan labores y apli-

caciones de insumos de forma homogénea, sin tener en cuenta las características de cada área en específico, estando normas por el Ministerio de la Agricultura.

Recibido 21/03/11, aprobado 20/07/12, trabajo 11/12.

¹ Ing., Inv. Agregado, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, La Habana, Cuba, e-mail: damian@iagric.cu

² Dr.C., Prof. Titular, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Mayabeque, Cuba. CP: 32700

Nota: La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.

Cuba, en medio de la crisis económica mundial y el recrudescimiento del bloqueo necesita aumentar la eficiencia del trabajo, mejorar los procesos tecnológicos y reducir los costos.

Sotto (2008), a partir del problema existente en el control del trabajo de la maquinaria y el consumo de combustible, integra en un sistema único el proceso de gestión de los medios mecanizados. Dicho sistema consta de tres fases: definición del déficit-superávit, programación periódica y programación operativa. En las dos primeras se han diseñado sistemas automatizados que permiten incrementar la confiabilidad de los resultados, disminuir el tiempo de procesamiento de la información y ahorrar gradualmente recursos, quedando pendiente el estudio de la tercera fase. En esta última etapa es donde se centra el estudio con la utilización de las tecnologías de la informática y las comunicaciones aplicadas a la agricultura ya que es la más inmediata y de ahí su valor. En nuestras unidades productivas se ha tratado de controlar con la mejor eficacia esta fase con el empleo de la tarjeta de consumo de combustible y el reporte diario de trabajo pero ha sido insuficiente. En la mayoría de las ocasiones ha sido imposible concretar con eficiencia su cumplimiento debido fundamentalmente a dos grandes causas: la emigración constante del capital humano hacia otras esferas con mejores ofertas salariales, esto trae como consecuencia que en la mayoría de las ocasiones el personal que atiende la actividad de mecanización no sea el más idóneo; y la toma de conciencia respecto a que con el control diario de los recursos se garantizará la eficiencia económica que plantea la máxima dirigencia del país.

La rectificación periódica de los índices de consumo de combustible y el control estricto de su empleo más el aprovechamiento eficiente de la jornada de trabajo y con la calidad requerida contribuirá al aumento de los rendimientos y a la disminución de los gastos de explotación, pero para ello se debe contar con herramientas que sean capaces de monitorear con eficiencia y precisión cada uno de los parámetros a verificar, por lo que la implementación de técnicas de agricultura de precisión contribuirá a elevar estos indicadores (Hernández *et al.*, 2003).

MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en la Empresa Pecuaria “Niña Bonita” ubicada en el municipio Bauta, provincia Artemisa, durante los años 2006...2009. La experiencia se concentró en la Unidad de Producción de Alimentos de Chirigota, la cual atiende toda la maquinaria de la empresa.

El estudio se fundamentó a partir de la realización del cronometraje al tractor VALTRA BL-88 y el arado Baldán AF-4 en la labor de rotura, la cual es una de las labores de mayor demanda energética, según las normas cubanas (NC 34:37, 2003; NC 34:47, 2003; NC 34:51, 1987), bajo las condiciones de prueba que muestra la Tabla 2.

Los resultados alcanzados en las Tablas 4, 5 y 6 de las normas de productividad e índices de consumo de combustible en las labores agrícolas, utilizando los monitores de a bordo, fueron obtenidos a partir del estudio periódico de estos indicadores por las herramientas de agricultura de precisión.

Una vez procesada toda la información con la introducción de las herramientas de agricultura de precisión se calcularon los gastos directos de explotación para las labores de preparación de suelo, tanto para la nueva técnica como para la tecnología tradicional (NC 34:38, 2003; Alvarado, 2004; MINAG, 2009). Para el estudio se valoraron como indicadores variables fundamentales los gastos de salario y de portadores energéticos; no teniéndose en cuenta los costos fijos y los gastos por concepto de renovación y reparación/mantenimiento.

Los gastos de explotación (G_{de}) se obtienen a partir de la expresión siguiente:

$$G_{de} = G_s + G_A + G_R + G_C + G_O, \text{ peso/ha} \quad (1)$$

donde:

G_s – salario del personal de servicio, peso/ha;

G_A – gastos de renovación, peso/ha;

G_R – gastos para la reparación general, corriente y servicio técnico periódico, peso/ha;

G_C – gastos en combustibles y lubricantes, peso/ha;

G_O – otros gastos de materiales auxiliares, peso/ha.

Para el cálculo del gasto de salario (G_s) se utilizó la expresión:

$$G_s = \frac{1}{W_{07}} \sum_{j=1}^k H_j P_j, \text{ peso/ha} \quad (2)$$

donde:

H_j – cantidad de personal de servicio;

P_j – pago del personal de servicio, peso/h;

W_{07} – productividad del agregado, ha/h.

Los gastos de portadores energéticos (G_c) se obtienen a partir de la expresión:

$$G_c = g_m P_c + 0.03g_m P_L, \text{ peso/ha} \quad (3)$$

donde:

g_m – cantidad de combustible gastado por unidad de superficie, L/ha;

P_c – precio del combustible, peso/L;

P_L – precio del lubricante, peso/L.

La economía anual de los gastos directos de explotación (E_{ag}) se calculó a partir de la siguiente expresión:

$$E_{ag} = G_{deb} - G_{dep}, \text{ peso/ha} \quad (4)$$

donde:

G_{dep} , G_{deb} – gastos directos de explotación de la técnica nueva y la base respectivamente, peso/ha.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio efectuado a las normas de productividad en la empresa demostró que existían valores muy bajos en los conjuntos agrícolas que realizan las labores de preparación de suelo, comparado con los valores obtenidos por el Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric) para este tipo de actividad (Tabla 1).

TABLA 1. Índices de consumo de combustible y normas de productividad por conjunto agrícola en las labores de preparación de suelo

Labor	Composición del conjunto agrícola		Combustible, L/ha		Productividad, ha/h	
	Fuente energética	Implemento	IAgric*	EPG "Niña Bonita"	IAgric*	EPG "Niña Bonita"
Rotura	Tractor 20 kN	Arado de 4 discos	15,9-30,4	29,8	0,42-0,59	0,34
Mullir	Tractor 20 kN	Grada 1 500 kg	11,2-19,7	16,8	1,09-1,86	0,89
Cruce	Tractor 20 kN	Arado de 4 discos	15,9-30,4	23,4	0,42-0,59	0,38
Mullir	Tractor 14 kN	Grada 965 kg	7,0-9,4	15,0	0,79-1,07	0,67
Surcar	Tractor 14 kN	Surcador-cultivador 3 órganos	4,4-10,2	8,3	0,92-1,53	0,84

*Instituto de Investigaciones de Mecanización Agropecuaria, 2006a.

El resultado del cronometraje en el conjunto agrícola que tenía colocado el GPS, a una velocidad promedio de 1,44 m/s (5,18 km/h), alcanzó valores de productividad de: 0,56 ha/h de tiempo limpio, 0,48 ha/h de tiempo productivo y 0,42 ha/h de tiempo de explotación. Si se compara estas productividades

con las de los arados de discos ADI-3 acoplado a un tractor YUMZ; entonces la productividad se incrementa con el empleo del nuevo conjunto agrícola en un 38,1%, debido al mayor ancho de trabajo y capacidad energética del tractor VALTRA (IIMA, 2006a,b).

TABLA 2. Condiciones generales en que se realizó el cronometraje de la labor de rotura

Lugar de trabajo	Formación del conjunto agrícola		Régimen de trabajo
	Tractor	Implemento	
Unidad Producción	VALTRA	Arado Baldan AF - 4	Ancho de trabajo, m: 1,07
Alimento, Chirigota	BL - 88		Número de órganos: 4
Granja El Pilar			Velocidad de trabajo, m/s: 1,44 con GPS
			Velocidad de trabajo, m/s: 1,33 sin GPS
			Velocidad en caja: 4 ^{ta}
			Profundidad de trabajo, cm: 21,65 con GPS
			Profundidad de trabajo, cm: 20,71 sin GPS
Condiciones generales en que se realizó la prueba			
Tipo de trabajo: Rotura			Humedad: media
Cultivo: King Grass			Estado de la superficie del suelo: algunos terrones
Suelo: Ferralítico rojo			Pedregosidad: algunas piedras
Relieve: plano (pendiente de 0,5...1%)			

El consumo de combustible fue de 23,3 L/ha para roturar el suelo a una profundidad de 21,65 cm; este valor de consumo se considera aceptable, encontrándose en el rango definido para este tipo de labor y agregación (IIMA, 2006a,b).

Los valores obtenidos de las productividades en el conjunto agrícola que no utilizó el monitor de a bordo fueron de: 0,51 ha/h de tiempo limpio, 0,43 ha/h de tiempo productivo y 0,35 ha/h de tiempo de explotación; si se compara este último valor con el alcanzado por el conjunto agrícola que poseía el

GPS se observa que es 1,2 veces inferior; esto demostró la indisciplina tecnológica que existe durante la jornada cuando no hay un control diario del trabajo realizado; además el valor de este parámetro está por debajo del rango definido por el IAgric para este tipo de labor y agregación. El consumo de combustible obtenido fue de 28,3 L/ha, siendo superior en 5 L/ha al equipo que utilizó las nuevas herramientas.

En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos en ambos cronometrajes.

TABLA 3. Resultados del cronometraje para la labor de rotura con y sin el empleo de los monitores de a bordo

Denominación de los índices	UM	Con GPS	Sin GPS
Productividad de tiempo limpio (W_l)	ha/h	0,56	0,51
Productividad de tiempo de explotación (W_{07})	ha/h	0,42	0,35
Gasto de combustible por unidad de trabajo realizado (C_c)	L/ha	23,3	28,3
Gasto de combustible por hora de tiempo de explotación (C_h)	L/h	9,8	10,0

En la Figura 1 se muestran los valores de las productividades de tiempo limpio y de tiempo de explotación obtenidas del cronometraje para ambas tecnologías en función del aprovechamiento de la jornada de trabajo. Si se analizan los valores de una y otra variante se puede ver como las indisci-

plinias tecnológicas y organizativas cometidas por la variante tradicional son las que mayor incidencia tienen en el descenso de la productividad. La productividad del tiempo limpio se contrae en 0,04 ha/h en el equipo que no poseía el monitor de a bordo, motivado porque la velocidad de desplazamiento

del conjunto agrícola fue medida con valor de 1,33 m/s (4,79 km/h), el cual está próximo al nivel inferior permitido. En el estudio de la productividad del tiempo de explotación se puede ver como se aprovecha mejor la duración de la jornada en el equipo que tenía instalado el GPS. Las diferentes causas que provocaron el bajo nivel de rendimiento del trabajo son las siguientes:

- No existía las tablas de distancia o no eran reales los datos con que se contaban;
 - Las dimensiones de las áreas que registraban los mapas no se correspondía con la realidad;
 - Deficiente calidad en las labores e indisciplinas tecnológicas durante la jornada de trabajo (Figura 2);
 - Alteración de la velocidad de trabajo por parte del operador;
- El equipo aprovecha realmente menos del 70% de tiempo efectivo de trabajo por problemas organizativos.

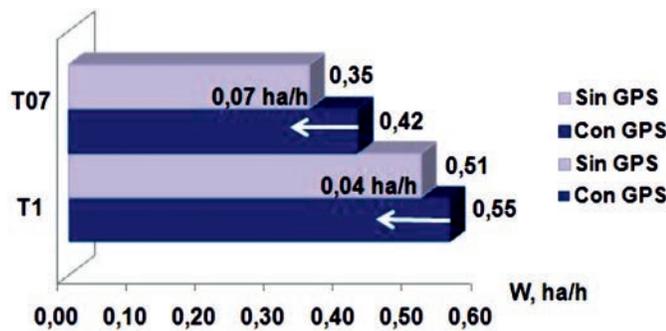


FIGURA 1. Productividad en función del aprovechamiento de la jornada de trabajo.

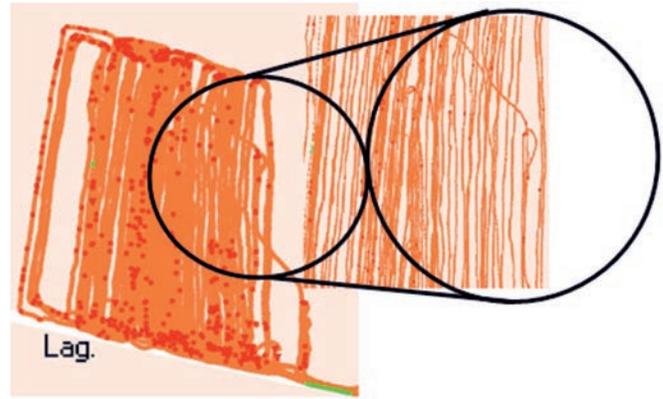


FIGURA 2. Violaciones cometidas por el operador durante la ejecución de la labor.

Como se puede observar en la Tabla 4 el gasto de salario por hectárea en las labores de preparación de suelo con la utilización de las técnicas de agricultura de precisión es inferior en 2,67 peso al que tenía antes la empresa, lográndose disminuir los costos por este concepto en 26,4% por cada hectárea trabajada. Con la implementación de las nuevas herramientas se disminuye en casi dos horas el tiempo para preparar una hectárea labor. La tarifa horaria en la entidad agrícola es de 1,36 peso/h.

Analizando los consumos de combustibles y lubricantes para la realización de una hectárea labor en las actividades de preparación de suelo se puede apreciar que con las nuevas técnicas se reducen los gastos en 23,37%, ahorrándose 23,27 peso/ha (Tabla 5). Los precios del combustible y lubricante son de 0,99 y 2,58 peso/L respectivamente (datos suministrados por la Dirección de Energía del MINAG, 2011).

TABLA 4. Gasto de salario en las labores de preparación de suelo

Labores	Productividad, h/ha		Gasto de salario, peso/ha		
	Sin GPS	Con GPS	Sin GPS	Con GPS	Diferencia
Rotura	2,98	2,31	4,05	3,14	0,91
Mullir	1,12	0,89	1,52	1,21	0,31
Cruce	2,60	1,94	3,54	2,64	0,90
Mullir	1,50	1,20	2,04	1,63	0,41
Surcar	1,19	1,09	1,62	1,48	0,14
Total	9,39	7,43	12,77	10,10	2,67

TABLA 5. Gastos de portadores energéticos en las labores de preparación de suelo

Labores	Índice de consumo de combustible, L/ha		Índice de consumo de lubricante, L/ha		Gasto de portadores energéticos, peso/ha		
	Sin GPS	Con GPS	Sin GPS	Con GPS	Sin GPS	Con GPS	Diferencia
Rotura	29,8	22,4	0,9	0,7	31,81	23,91	7,90
Mullir	16,8	13,2	0,5	0,4	17,93	14,09	3,84
Cruce	23,4	16,9	0,7	0,5	24,98	18,04	6,94
Mullir	15,0	11,4	0,5	0,3	16,01	12,17	3,84
Surcar	8,3	7,6	0,2	0,2	8,86	8,11	0,75
Total	93,3	71,5	2,8	2,1	99,59	76,32	23,27

Al totalizar el ahorro monetario generado con la aplicación de las herramientas de agricultura de precisión por concepto de gastos de salario y portadores energéticos en las labores de preparación de suelo se observa que la unidad puede ahorrar 25,94 peso/ha, por lo que se pueden disminuir los gastos de explotación en 23,09% (Figura 3).

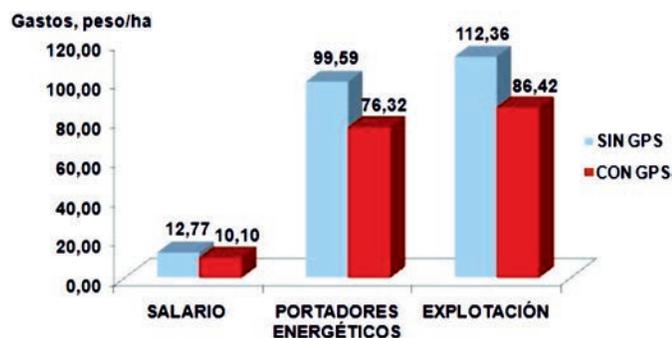


FIGURA 3. Gastos de explotación en las labores de preparación de suelo.

Los resultados de la investigación demuestran la importancia que tiene la rectificación periódica de los índices de consumo de combustible y las normas de productividad del trabajo como única vía posible para la racionalización de estos recursos.

Con la introducción en la empresa de los sistemas de posicionamiento global y de información geográfica se logra reducir en casi un 12% el consumo horario de combustible en las labores principales del proceso productivo (labores de preparación de suelo, labores para la confección del heno y silo, labores de servicio), lo que equivale a un ahorro de 13.84 peso/h (Tabla 6). Aún quedan pendiente el análisis de los parámetros de explotación en otras actividades, sobre todo en las relacionadas con el transporte.

Las herramientas de agricultura de precisión utilizadas han posibilitado no solo controlar el proceso de gestión de la maquinaria, el cual era deficiente, sino también disminuir el consumo de portadores energéticos y elevar la productividad del trabajo.

TABLA 6. Análisis comparativo de los resultados obtenidos en el combustible en algunas labores con el empleo del GPS y los índices utilizados antes por la Empresa

Labor	Combustible, L/h		Gasto de combustible, peso/h		Ahorro, peso/h
	Sin GPS	Con GPS	Sin GPS	Con GPS	
Rotura	10,0	9,7	9.90	9.60	0.30
Mullir	15,0	14,8	14.85	14.65	0.20
Cruce	9,0	8,7	8.91	8.61	0.30
Mullir	10,0	9,5	9.90	9.41	0.49
Fertilización orgánica	6,0	5,0	5.94	4.95	0.99
Corte de Forraje	7,0	6,5	6.93	6.44	0.49
Empacar	6,6	6,0	6.53	5.94	0.59
Traslado de pacas	6,6	6,0	6.53	5.94	0.59
Tiro de Forraje	6,0	5,3	5.94	5.25	0.69
Chapea	7,0	6,0	6.93	5.94	0.99
Ordeño	5,5	2,5	5.45	2.48	2.97
Baño de ganado	5,0	2,5	4.95	2.48	2.47
Tiro de leche	6,0	5,0	5.94	4.95	0.99
Tiro de agua	7,0	6,0	6.93	5.94	0.99
Corte de Forraje	10,0	9,2	9.90	9.11	0.79
Total	116,7	102,7	115.53	101.69	13.84

CONCLUSIONES

- El estudio de las normas de productividad y de algunos índices de consumo de combustible en la empresa revelaron que existían valores deteriorados en estos indicadores con respecto a las normas nacionales antes de la utilización de las herramientas de agricultura de precisión;
- El empleo de los sistemas de posicionamiento global y de información geográfica permite elevar el aprovechamiento de la jornada de trabajo hasta un 10%;

- Como resultado de la utilización de las herramientas de agricultura de precisión se alcanzaron nuevos valores de índices de consumo de combustible y normas de productividad en los trabajos de acondicionamiento del suelo, en las labores para la confección del heno y silo y en algunas actividades de servicio, lo que demuestra la aplicabilidad del uso de estas técnicas;
- El gasto de salario con el empleo de los GPS en las labores de preparación de suelo es inferior en 2.67 peso/ha al que tenía antes la empresa, disminuyendo en 26,4% por cada

- hectárea trabajada mientras que los gastos de combustible decrecieron en 23,37%, ahorrándose 23.27 peso/ha;
- Las herramientas de agricultura de precisión utilizadas

posibilitan disminuir los gastos de explotación en las actividades de preparación de suelo en 23,09%, lo que equivale a un ahorro de 25.94 peso/ha.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARADO, A.: *Maquinaria y mecanización agrícola*, 570pp., Ed. Universidad Estatal a Distancia (EUNED), San José, Costa Rica, 2004.
- HERNÁNDEZ, P.; M. E. RUIZ; I. QUEVEDO y C. SUÁREZ.: *Desarrollo y difusión de la Agricultura de Precisión en la Habana*, 19pp., En: **Memorias de la II Conferencia Internacional sobre Desarrollo Agropecuario y Sostenibilidad, AGROCENTRO 2003**, En Simposio: **Ingeniería Agrícola**, Universidad Central "Marta Abreu", Villa Clara, Cuba. CD-ROM ISBN 959-250-078-9. 2003.
- IIMA.: *Maquinaria Agrícola. Programación y Control de su Explotación. AnaExplo*, 179pp., Agencia de Información y Comunicación para la Agricultura (AGRINFOR), Ciudad de La Habana, Cuba, 2006a.
- IIMA.: *Tecnologías para las producciones agrícolas en Cuba*, 148pp., Agencia de Información y Comunicación para la Agricultura (AGRINFOR), La Habana, Cuba, 2006b.
- MINAG.: *Manual para la aplicación de normas e índices de consumo para la elaboración del plan de la economía 2012*, 98pp., Impresiones MINAG, La Habana, Cuba, 2011.
- NC 34-37: 2003.: *Máquinas agrícolas y forestales. Metodología para la evaluación tecnológica – explotativa*, Vig. Febrero 2003.
- NC 34-38: 2003.: *Máquinas agrícolas y forestales. Metodología para la evaluación económica*, Vig. Febrero 2003.
- NC 34-47: 2003.: *Máquinas agrícolas y forestales. Metodología para la determinación de las condiciones de prueba*, Vig. Febrero 2003.
- NC 34-51: 87.: *Máquinas agrícolas y forestales. Metodología para la realización de las pruebas a los arados y subsoladores*.
- SOTTO, P.: *Sistema integral para la planificación y el control de la explotación de los medios mecanizados de la producción agrícola*, 123pp., **Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas Agropecuarias)**, Universidad Agraria de La Habana, San José de las Lajas, Cuba, 2008.



CONVOCATORIA

El Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAGRIC) del Ministerio de la Agricultura le invita a integrar la **Red Cubana de Género y Agua**, a través de la cual se pretende promover el acceso equitativo y la gestión eficiente de agua segura y adecuada de hombres y mujeres, para abastecimiento doméstico, saneamiento, seguridad alimentaria y sostenibilidad ambiental.

¿Quiénes Somos?; un equipo de trabajo integrado por ingenieros, técnicos, especialistas y productores que de forma conjunta con todas y todos tiene como objetivo general: *Contribuir a la integración efectiva del enfoque de género en los la actividad agropecuaria vinculada directamente al agua en el país, a través de la formación de personas que trabajan vinculados a esta temática y que puedan ejercer un efecto multiplicador en sus ámbitos de acción.*

Objetivos Específicos:

1. Constituir en una comunidad de aprendizaje para:
 - Promover prácticas en género y la aplicación del enfoque de género a diferentes niveles;
 - Diseminar, problematizar y difundir el conocimiento;
 - Fomentar la enseñanza, aprendizaje, investigación y la cultura sobre el tema;
 - Proporcionar una fuente de experiencia y conocimientos para los profesionales especializados en la materia;
 - Facilitar y desarrollar el intercambio de información entre sus miembros.
2. Elaborar un Programa de Capacitación de la Red, que integre los conocimientos analíticos y prácticos a través de una propuesta pedagógica diferente. Se dirige a un grupo meta que hasta la actualidad no ha sido suficientemente integrada en los estudios de género.
3. Identificar proyectos a nivel nacional en que se aprecien sistemas integrados de la gestión del agua y equidad de género;
4. Integrar a la Red de las experiencias exitosas previamente identificadas a nivel nacional en la gestión integrada del agua y la equidad de género y todas aquellas que vayan surgiendo;
5. Recopilar información y bibliografía (nacional e internacional) sobre el tema Género para intercambiar con los miembros de la Red e incrementar el fondo documental de la Biblioteca Digital de la Red.

Si está usted interesada en formar parte de la Red envíe un mensaje con el asunto a la siguiente dirección electrónica: reddegencroyagua@iird.cu