



**MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR  
UNIVERSIDAD DE GUANTÁNAMO**

**Tesis en opción al título académico de Máster en Desarrollo Agrario Sostenible.**

**Mención: Gestión para el Desarrollo Local Sostenible.**

***Propuesta de manejo eficiente del riego en áreas de la Empresa Pecuaria  
Iván Rodríguez.***

**Autora: Ing. Olga Ortega Guerra.**

**2020  
“Año 62 de La Revolución”**

**MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR  
UNIVERSIDAD DE GUANTÁNAMO**

**Tesis en opción al título académico de Máster en Desarrollo Agrario Sostenible.**

**Mención: Gestión para el Desarrollo Local Sostenible.**

***Propuesta de manejo eficiente del riego en áreas de la Empresa Pecuaria  
Iván Rodríguez.***

**Autora: Ing. Olga Ortega Guerra.**

**Tutores: Dr. C. Iván Hernández Alberti.**

**Dr. C. Luperio Barroso Frómeta.**

**Consultante: Msc. Álvaro Blanco Imbert.**



No es posible duplicar  
el estándar de vida del  
pueblo si no se duplica  
la producción.

*Fidel Castro*

## **AGRADECIMIENTOS**

- ❖ A mis familiares todos, en especial a mis hijos, mis padres y mi hermana, que siempre me han dado fuerza para continuar superándome, por apoyarme incondicionalmente y darme siempre su infinito amor.
- ❖ A mis tutores Dr. C. Iván Hernández Alberti y Dr. C. Luperio Barroso Frómata por todo su apoyo incondicional, asesoría, conocimientos y apreciable amistad.
- ❖ Al especialista de suelos Msc. Álvaro Blanco Imbert, por su guía y ayuda incondicional.
- ❖ Al claustro de profesores que contribuyeron a mi formación y preparación en la temática de Desarrollo Agrario Sostenible.
- ❖ A la profesora Msc. Juana Iris Durán, por su ayuda incondicional
- ❖ Al especialista de meteorología Ing. Rolando Baza Pacheco de Meteorología (CITMA)
- ❖ A mis compañeros de trabajo: Mireida, Adonis, Keylis, Manuel, Odalys, Daysi, Yadira, Diosleydi, Marcia, Alexis, Deyvis y Mayra.
- ❖ A los especialistas de producción de la Empresa Pecuaria Iván Rodríguez; Ing. Benito Ayarde e Ing. Andrés Bongo, por las facilidades brindadas para la toma de la información y por la atención que han prestado a cada resultado obtenido.
- ❖ A un amigo incondicional y especialista en informática Yusnie Elías
- ❖ A todos mis compañeros de la maestría en Desarrollo Agrario Sostenible, Marisol, Náyade, Mercedes, Mora, Medina, Algimiro, Yannoli y otros, por el apoyo prestado.
- ❖ A todos los amigos que animaron mis sueños durante todo el tiempo en curso.
- ❖ A todos los que de una forma u otra han hecho posible la realización de este trabajo.
- ❖ Y en particular a la Revolución Cubana.

A todos muchas gracias.

La autora

## DEDICATORIA



A la Revolución y a Fidel, por enseñarme a vivir con dignidad, ver como algo normal el sacrificio para el bien común, el no cambiar dinero por honor y amar a mi Patria como amo a mis padres, hijos y profesión.

## RESUMEN

En la zona 1 de Limones, perteneciente a la Empresa Pecuaria Iván Rodríguez, sobre los suelos pardo con y sin carbonato, se realizó un estudio del pronóstico de riego del Pasto Estrella (*Cynodon nlemfuensis*) y King Grass (*Pennisetum purpureum*) con la utilización del programa computacional CROPWAT 8, con el objetivo de determinar los parámetros del régimen de riego en estos cultivos, como resultados del Pasto Estrella en las condiciones edafoclimáticas de la zona de estudio se obtuvo que se necesita un promedio de 10 riegos/corte para su desarrollo óptimo, aplicando una norma parcial neta que responde a los suelos pardos con carbonato y sin carbonato de 261,1 y 274,7 m<sup>3</sup>/ha respectivamente, para una evapotranspiración anual de 1 545,3 mm, del mismo modo el King Grass requiere de 8 y 7 riegos/corte con una norma parcial neta de 313,3 y 329,7 m<sup>3</sup>/ha e hidromódulos entre 0,97 y 1,1 L/s/ha. Se abordan elementos del desarrollo local, para realizar la propuesta de proyecto, que permite emprender acciones de la gestión de un desarrollo integral sostenible.

**PALABRAS CLAVE:** Régimen de riego, cultivo, suelo, desarrollo local.

### Abstrat

In zone 1 of Limones, belonging to the Iván Rodríguez Livestock Company, on brown soils with and without carbonate, a study of the irrigation forecast of the Star Grass (*Cynodon nlemfuensis*) and King Grass (*Pennisetum purpureum*) was carried out with the use of CROPWAT 8 computer program, with the objective of determining the parameters of the irrigation regime in these crops, as results of the Star Pasture in the edaphoclimatic conditions of the study area it was obtained that an average of 10 irrigations/cutting is needed for its optimal development, applying a net partial norm that responds to brown soils with carbonate and without carbonate of 261,1 and 274,7 m<sup>3</sup>/ha respectively, for an annual evapotranspiration of 1 545.3 mm, in the same way King Grass requires 8 and 7 irrigations/cut with a net partial norm of 313,3 and 329,7 m<sup>3</sup>/ha and hydromodules between 0,97 and 1,1 L/s/ha. Elements of local development are addressed, from to carry out the project proposal, which allows to undertake actions for the management of an integral sustainable development.

**KEY WORDS:** Irrigation regime, evapotranspiration, cultivation, soil, local developmen

<b>ÍNDICE</b>	<b>Pág.</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN BILIOGRÁFICA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Uso y gestión del agua.....	7
2.1.1 Recursos hídricos e hidráulicos en Cuba.....	10
2.1.2 Ahorro y disponibilidad de agua en la agricultura .....	13
2.2 Evapotranspiración. ....	15
2.2.1 Vías para obtener el consumo de agua de los cultivos.....	18
2.2.2 Pastos y forrajes. Necesidades hídricas. ....	21
2.3 Evolución y desarrollo de los sistemas de riego.....	27
2.4 El riego y el medio ambiente .....	33
2.4.1 Impactos negativos y medidas de mitigación.....	35
2.5 El riego y el desarrollo local. ....	36
2.6 El encadenamiento productivo en el desarrollo agropecuario.....	41
2.7 Sistema de Información Geográfica. Uso en el desarrollo agropecuario .....	44
2.8 Diagnóstico, una herramienta para el perfeccionamiento de los sistemas agrarios. ....	46
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>49</b>
3.1 Caracterización del territorio .....	49
3.1.1 Ubicación del área experimental.....	49
3.1.2 Diagnóstico del territorio .....	50
3.1.3 Datos de suelos. ....	50
3.2 Software para la planificación y manejo del riego. ....	52
3.2.1 Programa de ordenador para planificar y manejar el riego. ....	52
3.2.2 Cálculo de la evapotranspiración de referencia (Eto) . ....	52
3.2.3 Entrada de los datos climáticos .....	54
3.2.4 Cálculo de las necesidades de agua .....	54
3.2.5 Entrada o recuperación de la Eto y las precipitaciones .....	54
3.2.6 Cálculo de la precipitación efectiva.....	54
3.2.7 Datos del cultivo .....	55
3.2.8 Datos de los suelos.....	55
3.2.9 Programación del riego.....	56
3.3 Técnica de riego.....	56
3.4 Procesamiento de la información climática .....	57

3.5 Digitalización y confección de mapas .....	57
3.6 Factibilidad económica.....	58
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>60</b>
4.1 Análisis del diagnóstico.....	60
4.1.1 Situación actual del área de estudio .....	60
4.1.2 Resultados de la caracterización climática del área de estudio.....	64
4.1.3 Caracterización edáfica del área de estudio.....	68
4.2. Propuesta de soluciones de riego y necesidades hídricas del cultivo.....	71
4.2.1 Determinación de las necesidades hídricas.....	71
4.2.2 Propuesta de técnica de riego en el área de estudio .....	76
4.3 Resultados de la evaluación económica de la propuesta de riego.....	80
4.4 Evaluación del impacto ambiental de la propuesta realizada.....	84
<b>V.CONCLUSIONES .....</b>	<b>87</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>88</b>

## I. INTRODUCCIÓN

El agua, como motor del desarrollo y fuente de riqueza, ha constituido uno de los pilares fundamentales para el progreso del hombre. La ordenación y gestión de los recursos hídricos, que ha sido siempre un objetivo prioritario para cualquier sociedad, se ha realizado históricamente bajo directrices orientadas a satisfacer la demanda en cantidades suficientes, bajo una perspectiva de política de oferta (Johnson, 2016).

El cambio climático añade a su vez, un nuevo elemento de incertidumbre en lo que a la disponibilidad de recursos hídricos se refiere. Dados los cambios previstos en las pautas de precipitaciones, se espera que, en el futuro, ciertas zonas no posean mayores reservas hídricas que otras. Enfrentados a la creciente demanda y al cambio climático, muchos usuarios, sin excluir a la naturaleza, encontrarán dificultades para satisfacer sus necesidades hídricas (Hernández, 2016).

La escasez de agua constituye una importante limitación para el desarrollo agrícola en las regiones áridas y semiáridas. La comunidad internacional está insistentemente analizando y siguiendo los modelos de consumo del agua en la agricultura y su correspondiente asignación y eficiencia en el uso (Garcés *et al.*, 2008).

La agricultura constituye el mayor consumidor de agua del mundo, siendo cada vez mayor la competencia con otros sectores. Se estima que la agricultura consume el 70 % del total de agua dulce en el mundo, pero con grandes diferencias entre países e incluso, entre las diferentes regiones de un mismo país. Si bien es cierto que la agricultura es el mayor consumidor de agua, también la agricultura deberá aumentar la producción de alimentos para resolver los problemas de seguridad alimentaria actual emanados del creciente aumento poblacional (FAO, 2003; Banco Mundial, 2015).

Las 1 260 millones de hectáreas bajo agricultura en secano (correspondientes a un 80% del total de la tierra cultivada del mundo) suministran el 60% de la alimentación del mismo, mientras que los 277 millones de hectáreas bajo riego (el restante 20% de tierra cultivada) contribuye con el otro 40% de los suministros de alimentos (Hernández, 2016).

En promedio, los rendimientos por unidad de superficie cultivada son 2,3 veces más altos en el área regada que en las áreas de secano, estas cifras demuestran la importancia de

la agricultura de regadío en la producción mundial de alimentos y la necesidad de introducir mejoras en los sistemas para un eficiente aprovechamiento del agua (Pérez *et al.*, 2010).

El alto consumo de agua en la agricultura generalmente es causado por la sobreirrigación, lo cual no sólo genera un derroche de esta, sino que dicha ineficiencia en el riego finalmente conlleva a pérdidas de fertilizantes nitrogenados y posterior contaminación de los acuíferos subterráneos por lixiviación de estos. Además la alta variabilidad espacial en las condiciones físicas del suelo se traduce en un reparto desigual del agua de riego aplicada en el predio, problema que generalmente no es considerado, tanto para el diseño de nuevas obras de riego (aspersión, goteo y riego superficial) como en las ya existentes (Castro *et al.*, 2008).

En Cuba las principales causas que originan estas situaciones se relacionan según Cisneros *et al.*, (2011), con la mecanización masiva del riego, mediante la extensión de las máquinas de pivote central y otras, que aunque logran elevadas productividades en áreas regadas por el hombre, muestran signos de poca efectividad agrícola y baja eficiencia en el uso del agua, relacionada esto a su vez, con un empleo incorrecto y al desconocimiento del modo de operar estas tecnologías.

En los últimos años, la economía cubana ha iniciado un importante proceso de transformación, identificado como: "Actualización del modelo económico". El mismo abarca a la totalidad de los sectores, con implicaciones importantes en los aspectos económicos, sociales y políticos de la nación. Se puede señalar que las transformaciones más profundas e importantes se han iniciado en un sector económicamente decisivo y estratégico para la economía cubana, como lo constituye el sector agropecuario. A la vez implica el reconocimiento y restitución del importante papel de dicho sector en el contexto económico-social-político del país (Nova, 2010).

Este último autor señala, que la insuficiente producción nacional de alimentos constituye un problema sostenido en los últimos cincuenta años de la economía nacional, elevando su dependencia alimentaria externa, haciéndola más vulnerable y motivando elevadas erogaciones de divisas para la importación de alimentos, donde la mayoría de ellos se pueden producir nacionalmente bajo condiciones de competitividad.

Para resolver el problema de la inseguridad alimentaria la FAO ha propuesto dos directrices: facilitar el acceso a los alimentos a la totalidad de la población y aumentar la producción, especialmente en países en desarrollo. Se espera que la producción aumente en un 43% en el 2030 y entorno al 70% en el 2050, duplicándose en los países en desarrollo (FAO, 2014). En 2050 deberá incrementarse en 1 000 Mt (millones de toneladas) la producción de cereales y en 200 Mt la de productos pecuarios.

La solución de los problemas de la economía y cambios hacia una agricultura cubana descentralizada fueron los temas ampliamente debatidos en el VI Congreso de PCC, (2011) a raíz de esto, en la estrategia agroindustrial de los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución se expone en el 177 la necesidad de revertir la situación actual del país como importador neto de alimentos. Estos Lineamientos constituyen la estrategia económica social de Cuba, y brindan las herramientas necesarias para lograr una agricultura más eficiente, productiva y con un mayor nivel de autonomía, que le permita un desarrollo organizativo y agrario adecuado a las aspiraciones de desarrollo de los agricultores cubanos.

Esa serie de problemas que desafía la agricultura, también afecta a la ganadería, pues la relación entre ambas se establece desde el momento en que las diversas especies ganaderas demandan para su alimentación, granos y forrajes en cantidad y calidad adecuada. En Cuba al igual que en otros países, el empobrecimiento de los suelos por la erosión y explotación intensiva, así como las variaciones climáticas (principalmente sequías más intensas y prolongadas) constituye un problema en los sistemas de explotación ganaderos, debido a los bajos rendimientos, disponibilidad y calidad de los pastos y forrajes (Ulicer, 2015 citado por Johnson, 2016).

Por otra parte, la prolongada sequía que afecta el municipio Niceto Pérez de la provincia Guantánamo, ha deprimido de manera considerable la actividad ganadera de la Empresa Pecuaria Iván Rodríguez, situación que requiere de soluciones inmediatas para garantizar la resiliencia de la producción agropecuaria en ese territorio y con ello contribuir a la demanda de alimentos de la población, además de generar ingresos para

sustitución de importaciones (en 10 000 L producidos de leche se deja de importar una tonelada de leche en polvo, ahorrando entre 4 000 y 5 000 UDS).

Según informe resumen del MINAG (2015), en el municipio Niceto Pérez, Provincia Guantánamo, la falta de agua y alimento provocó la muerte de 768 cabezas de ganado y se han tenido que sacrificar por depauperación 982. Además, advierte que el 100% de la masa ganadera de esa población (más de 33 mil reses) están “dañada” y que la producción lechera se incumplirá en 700 mil litros, más 500 mil que ya se adeudan.

Salcines (1959), durante la década del 30 al 50, presentó el “Proyecto de Uso Múltiple” y fue evaluado de positivo por los Colegios de Ingenieros del país, por la Sociedad Cubana de Ingenieros y por compañías consultoras extranjeras; este fue creado para la solución de los problemas del abasto de agua de la ciudad de Santiago de Cuba, producción de alimentos y generación de energía eléctrica en la Provincia de Guantánamo, premiado en un Concurso Nacional en julio del 1923, su esencia está basada en trasvasar el agua desde los ríos Yateras y Baconao, mediante Represas y conductoras, hasta la Ciudad de Santiago de Cuba (por gravedad), el cual aportaría unos 170,0 Mil m<sup>3</sup> por día (Unos 62,0 Millones de m<sup>3</sup> al año), con un costo estimado de unos 12,4 millones de pesos (Se estima que actualmente serían unos 396,0 millones de pesos), lo que no tuvo niveles de ejecución por carencia de financiamiento del gobierno en su época, dando paso a otros estudios que brindaran la misma solución, sin costo para el tesoro público, es decir con los ingresos que generarían las obras hidráulicas, amortizar la inversión en 25 años

A partir de la Voluntad Hidráulica, el Gobierno Revolucionario inició el aprovechamiento de estas ideas, con la proyección y ejecución de varios de sus Objetos de Obras como: la construcción de la Presa La Yaya y la Presa Jaibo, Sistema Hidráulico Canal Camarones y sus sistemas de riego asociados a su valor de uso, Sistema Hidráulico Guanta, con la Derivadora Guanta, el canal Guanta Izquierdo, Derivadora Bano y el canal Traslase Bano – Presa Jaibo, sistemas de riego y drenaje mediante canales para regar por gravedad y conductoras para aspersión semiestacionario, en las zonas La Jabilla y Cayamo, esquema Hidráulico del Valle de Guantánamo y del Traslase Norte – Sur, Toa – Yateras – Guaso y Presa Baconao, los túneles, conductoras y canales hacia la zona de Sevilla para el abasto a la ciudad de Santiago de Cuba (INRH, 2019).

Los problemas de intensa sequía, cambio climático, abasto a la población y desarrollo agrícola del valle de Guantánamo, se solucionan con las ideas recogidas en el Proyecto de Uso Múltiple, el que mantiene una total vigencia a 94 años de su concepción.

El Ministerio de la Agricultura del territorio como respuesta a este problema, desarrolla acciones para el aprovechamiento de las fuentes de agua deficientemente explotadas, y que son factibles de ser trasvasadas hacia territorios con potencial productivo limitado por insuficiente abasto de agua. Estas operaciones propician el montaje de nuevos sistemas hidráulicos para contrarrestar las etapas de prolongada sequía que han afectado el desarrollo local.

Los modernos conceptos acerca de la agricultura sostenible y de la necesidad de proteger el medio ambiente y los recursos naturales han situado a la orden del día el problema de la preservación de los recursos hídricos y los suelos en los territorios irrigados. De ahí, la necesidad de lograr la máxima eficiencia en el aprovechamiento del agua en la agricultura, para lo cual deben perfeccionarse de continuo los sistemas de riego e introducirse tecnologías de avanzada que garanticen un manejo racional del agua disponible. Entre dichas tecnologías, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) poseen una gran capacidad de gestión para relacionar y procesar datos georreferenciados; lo cual tiene amplia aplicación en materia de riego, drenaje y mejoramiento de suelos en territorios extensos (Flórez y Fernández, 2017).

Atendiendo a lo antes expuesto; el **problema** a resolver en esta investigación es: ¿Cómo el aprovechamiento del agua disponible en la presa La Yaya, y la carencia de sistemas de conducción y riego inciden en la baja estabilidad de la alimentación del ganado vacuno de la Empresa Pecuaria Iván Rodríguez?

**Objeto de investigación:** Proceso de planificación del riego en la zona 1 de la UEB Limones.

**Campo de Acción:** Sistema de producción de pastos y forrajes en la zona 1 de la UEB Limones.

**Hipótesis:** Al determinar las necesidades hídricas del Pasto Estrella y King Grass y proponer un sistema de riego por aspersión, permitirá explotar con eficiencia el agua disponible en la presa La Yaya, en función del desarrollo de la ganadería en la Empresa Pecuaria Iván Rodríguez.

Uno de los factores limitantes en la producción de biomasa de los pastos tropicales es el riego, por tal motivo, el trabajo se propone los siguientes objetivos.

**Objetivo General:** Realizar una propuesta para el manejo eficiente del agua de riego que permita potenciar el Pasto Estrella y King Grass en áreas productivas de la Empresa Pecuaria Iván Rodríguez.

**Objetivos Específicos:**

1. Caracterizar el sistema ganadero de la zona 1 en la UEB Limones.
2. Proponer un manejo racional del agua a partir de la determinación de las necesidades hídricas del Pasto Estrella y King Grass y las técnicas de riego utilizadas.
3. Evaluar la factibilidad económica de la propuesta diseñada.

## II. REVISIÓN BILIOGRÁFICA

### 2.1 Uso y gestión del agua

La importancia del uso eficiente del agua, obviamente, varía de región en región y de época en época, geográficamente, la disponibilidad del agua condiciona la manera en que evolucionan los patrones de uso. En igualdad de condiciones, las regiones áridas y semiáridas requieren una mayor cantidad de agua que las regiones húmedas, pero los simples patrones geográficos ocultan otros factores de igual importancia. Las condiciones económicas muchas veces aumentan o reducen la eficiencia en el uso del recurso, muchas regiones del mundo han recibido asistencia en su desarrollo a través del financiamiento público para el desarrollo del agua (Mayo, 2017).

El uso del agua para fines agrícolas es un tema central en cualquier debate sobre los recursos hídricos y la seguridad alimentaria. La agricultura ocupa el 70% del agua que se extrae en el mundo, y las actividades agrícolas representan una proporción aún mayor del "uso consuntivo del agua" debido a la evapotranspiración de los cultivos. A nivel mundial, más de 330 millones de hectáreas cuentan con instalaciones de riego. La agricultura de regadío representa el 20% del total de la superficie cultivada y aporta el 40% de la producción total de alimentos en todo el mundo (Banco Mundial, 2019).

La Asociación de Riego de los EEUU Irrigación Asociación 2002 citado por (Roque, *et al.*, 2006) consideró en su Congreso del 2002, que para satisfacer el crecimiento en el uso del agua en la agricultura, previsto a nivel mundial para el 2025 se requerirá de: trasvasar agua entre regiones y países, ejecución de nuevas presas y sistemas de bombeo, uso más eficiente del agua con el empleo de nuevas tecnologías adaptadas y al alcance de un número mayor de agricultores, ver más el rendimiento agrícola como rendimiento por metro cúbico de agua utilizada que rendimiento por hectárea, una capacitación constante de los productores, consultores y extensionistas en el desarrollo de una conciencia del uso eficiente del agua, además de incrementar el uso de las aguas residuales tratadas o recicladas.

“El sector agrícola consume un 70% de las reservas de agua dulce en el mundo, influyendo tanto en la cantidad como en la calidad de agua disponible para otros usos.

En algunas zonas, la contaminación provocada por plaguicidas y fertilizantes utilizados en la agricultura constituye, de por sí, una de las principales causas de la deficiente calidad del agua” (Álvarez y Pérez, 2011).

El cambio climático es causado por los altos niveles de Gases de Efecto Invernadero, añade a su vez un nuevo elemento de incertidumbre por lo que a la disponibilidad de recursos hídricos se refiere. Dados los cambios previstos en las pautas de precipitaciones, se espera que, en el futuro, ciertas zonas dispongan de mayores reservas hídricas que otras. Enfrentados a la creciente demanda y al cambio climático, muchos usuarios, sin excluir a la naturaleza, encontrarán dificultades para satisfacer sus necesidades hídricas. En caso de escasez, empresas y hogares pueden recurrir a estrategias para reducir el consumo de agua, pero nuestros ecosistemas hidrodependientes corren el riesgo de sufrir un daño irreversible. Ello no afectará solo a la vida alrededor de una determinada masa hídrica, sino a todos (Antúnez 2016).

“La aplicación de prácticas agrícolas correctas y soluciones políticas que las refrenden permitirá obtener importantes mejoras en la eficiencia hídrica de la agricultura, lo que se traducirá en mayor disponibilidad de agua para otros usos, en particular medioambientales” (Machado, 2012)

Cuba enfrenta retos para mejorar el aprovechamiento y la gestión del agua a nivel de complejos hidráulicos y cuencas hidrográficas los principales son: su cuantía limitada, su distribución espacial no uniforme y su distribución temporal no acorde con las necesidades de los territorios, las cuales son fuertemente dependientes del comportamiento de las lluvias como única y principal fuente de alimentación de los procesos hidrológicos (CENHICA, 2003 citado por Roque *et al.*, 2006).

Existen diversas maneras de gestionar el agua en el campo, desde la labranza del suelo para aumentar la filtración del agua de lluvia hasta los sistemas modernos de riego. Según la guía “Ahorrar para crecer” de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, aproximadamente el 80% de tierras cultivadas en el mundo son de secano (desvío oportuno del curso del agua de la lluvia hacia la zona de las raíces con el objetivo de incrementar el almacenamiento de humedad) y responsables del 60% de la producción agrícola mundial. En este caso, la aplicación de agua no depende tanto

de la decisión del productor, está directamente determinada por las precipitaciones. (Anónimo, 2018).

La extracción hídrica total nacional del conjunto de sectores agrícola e industrial para el 2013 alcanzó los 6 959 hm<sup>3</sup>, destacando el sector agrícola con un volumen de 4 519 hm<sup>3</sup>, equivalente al 65% del total de las extracciones. Para el sector industrial lograron los 782 hm<sup>3</sup>. Existe un gasto ecológico en los ríos regulados de 395 hm<sup>3</sup>, que ha de tenerse en consideración. Del total de agua extraída en el 2013, el 62% correspondió a superficiales y el 38% a las subterráneas. El mayor porcentaje es consumida por la agricultura mediante fuentes superficiales (INRH, 2014).

Los volúmenes de agua demandados por los consumidores de la Agricultura para el riego y abasto a las instalaciones están bien definidos por sectores, en el estatal 33,9 hm<sup>3</sup> y en el no estatal 8,65 hm<sup>3</sup>, para un total de 42,55 hm<sup>3</sup> (MINAG, 2019)

La calidad de las aguas superficiales en cuanto a color y turbiedad varía en dependencia de la estación del año (se incrementa en la época de lluvias) y de las características de la cuenca aguas arriba, donde el fenómeno de la erosión puede causar altos valores de transporte de sólidos en suspensión. Existe un inventario nacional de las principales fuentes contaminantes de las aguas terrestres, a través del cual se han identificado en el país un total de 2 227 fuentes principales, de ellas 744 de origen doméstico, 608 industriales y 644 agropecuarias.

Por ser el agua de riego un medio de la salinización de los suelos, por un manejo incorrecto o el uso de aguas con alto contenido de sales, se establecen los parámetros a observar en la calidad del líquido por la clasificación FAO, se considera para conductividad eléctrica menor de 0,75 mm hos/cm sin riesgo de salinidad, entre 0,75 y 3,0 mm hos/cm con problemas crecientes y mayor de 3,0 mm hos/cm el riesgo de salinidad presenta serios problemas.

### **2.1.1 Recursos hídricos e hidráulicos en Cuba.**

Los suelos agrícolas cubanos presentan niveles inestables de humedad, que son a su vez insuficientes para satisfacer totalmente los requerimientos hídricos que demandan las plantaciones en cada uno de sus períodos vegetativos (INRH, 2005) situación que se agrava en las condiciones actuales de sequía que afectan a todo el territorio nacional. El potencial aprovechable de agua en Cuba es de 38,1 Km<sup>3</sup>. El 70% de este potencial se destina al regadío agrícola.

Varios autores como Carlesso (2008), Santos *et al.*, (2010) y Pacheco *et al.*, (2012), resaltan la importancia de la correcta determinación de las necesidades de agua de los cultivos con el empleo de las nuevas tecnologías de la información, por el ahorro de agua que presuponen, y plantean que para lograr que la agricultura bajo riego contribuya al uso sostenible del agua será necesario reducir los volúmenes aplicados a los cultivos, basados en los métodos de programación de riego, término que usualmente se emplea para describir el procedimiento mediante el cual se determina la frecuencia y dosis de agua a aplicar en cada riego, teniendo en cuenta las condiciones edáficas existentes, el tipo de cultivo y su estado fisiológico, así como el clima predominante. El fin perseguido es, además de incrementar los niveles de producción, propiciar un ahorro del agua empleada en cada riego, con el mínimo riesgo de contaminación al medio ambiente.

Los recursos hídricos de un territorio dado (país, provincia y cuenca) y en un intervalo de tiempo determinado pueden ser clasificados según INRH,(2014) como potenciales cuando se refiere al volumen total de agua que ingresa por medio del escurrimiento superficial y la infiltración de las aguas de lluvias, aprovechables cuando pueden ser manejados y controlados de forma sostenible y disponibles o recursos hidráulicos que realmente se controlan para su uso en la economía, la sociedad y la protección del medio ambiente.

Se ha desarrollado una infraestructura hidráulica capaz de almacenar 9 030 000 m<sup>3</sup>. Miles de pozos se han puesto en explotación para aprovechar el agua subterránea, lo cual ha elevado los recursos hídricos a 13 600 000 m<sup>3</sup>. La disponibilidad hídrica per cápita es de 1 231 m<sup>3</sup> al año, varias provincias como La Habana, Las Tunas, Holguín, Santiago

de Cuba y Guantánamo disponen de valores inferiores a los 700 m<sup>3</sup> al año. (CENHICA, 2003) citado por (Roque, *et al.*, 2006).

Según Boletín hidrológico (2019), durante el mes de febrero del mismo año fue superado el promedio histórico nacional de precipitación, 42,7 mm, al registrarse 50,0 mm que representan el 116% de dicho acumulado. A la vez, el comportamiento pluvial en base al Índice de Precipitación Estandarizada (SPI) se clasifica como cercano a lo normal. Regionalmente resalta el acumulado relativo de Occidente, ascendente al 135% (47,1 mm) de su promedio histórico; seguido la región occidental, que alcanzó el 124% a partir de un acumulado absoluto de 6,5 mm. En la región oriental se registró el acumulado relativo menos favorable, con 98% y 47,7 mm.

Cuba dispone de 239 presas con una capacidad total de embalse de 8 784 millones de m<sup>3</sup> y 788 km de canales magistrales conectados a ellas. A esta infraestructura se agregan 805 micropresas que en su conjunto embalsan más de 600 millones de m<sup>3</sup> (INRH, 2014).

Entre las presas más importantes se encuentran: Zaza en el río de mismo nombre con una capacidad de 1 020 hm<sup>3</sup>, Alacranes en el río Sagua la Grande con 350 hm<sup>3</sup>, Cauto el Paso en el río Cauto con 330 hm<sup>3</sup>, la presa Hanabanilla en el río de mismo nombre con 290 hm<sup>3</sup>, la presa Protesta de Baraguá en el río Cauto con 250 hm<sup>3</sup>, la presa Carlos Manuel de Céspedes o (El Mate) en el río Contramaestre, afluente del río Cauto, con 240 hm<sup>3</sup>, y el Conjunto Hidráulico Pedroso-Mampostón, teniendo la presa Pedroso, sobre el río Mayabeque, una capacidad de cinco millones de m<sup>3</sup> y la presa Mampostón, sobre el arroyo La Luz, una capacidad de 150 hm<sup>3</sup> (INRH, 2014).

En los embalses del país se almacenan 5996,48 hm<sup>3</sup> de agua (66% de la capacidad total), lo que representa el 63% de la capacidad útil. El volumen de agua almacenado representa 1 468,31 hm<sup>3</sup> inferior al pasado año y una disminución de 371,17 hm<sup>3</sup> respecto a enero del 2019. Existen 79 embalses con menos del 50% de llenado útil, de ellos, 34 por debajo del 25%, dentro de los cuales se encuentran nueve secos y 12 vertiendo. Las provincias con llenado inferior al 50% de su capacidad útil son La Habana al 24%, Santi Spíritus (45%), Ciego de Ávila (41%), Las Tunas (43%) y Guantánamo (36%) (INRH, 2019).

En Cuba existen 165 cuencas subterráneas de ellas 151 son acuíferos cársicos y fisurados cársicos. Existen siete cuencas subterráneas que ocupan considerables áreas y que son fuente principal de alimentación de muchos ríos. Cinco se localizan en el Occidente y sólo dos en el Centro del país: Sur de Pinar del Río, Jaruco-Aguacate, Costera Sur de La Habana, Norte de Matanzas, Sur de Matanzas, Norte de Ciego de Ávila y Sur de Ciego de Ávila. Por otra parte, la cuenca Vento-Arigranabo, aunque pequeña y casi cerrada (no descarga directamente al mar), es muy importante, debido a la potencia del acuífero y a su estratégica situación para el abasto de agua a Ciudad de La Habana (Del Río, 2012).

El INRH (2019) argumenta que el agua subterránea en el país de total de los acuíferos controlados, 96 se encuentran en la zona normal, y los restantes (HS-5 “Melena-Nueva Paz, C-I-16a “Cándido González”, C-I-16b “Haití”, GT-III “Terraza Sabanalamar” y GT-V “Terraza Imías”), asociados a las provincias de Mayabeque, Camagüey y Guantánamo, se encuentran en estado desfavorable.

El volumen de escurrimiento fluvial de un año de acuosidad media para todo el país ha sido calculado en 31,7 km<sup>3</sup>, de los que se aprovechan en la economía nacional la tercera parte. A pesar de que los volúmenes de escurrimiento de origen fluvial son mucho mayores que los subterráneos, estos últimos son preferidos para su aprovechamiento hidráulico. Ello se debe a que constituyen una fuente de abasto más estable y más protegida de las pérdidas que sufren las fuentes superficiales con mucha más intensidad (ONE, 2006)

Las presas de la provincia de Guantánamo solo almacenan el 43 % o de sus capacidades debido a la escasez de precipitaciones en los principios de año, meses tradicionalmente de pocas lluvias, lo cual implica extremar las medidas de ahorro en el sector residencial y también en el estatal. En el principal reservorio de agua para abastecer a la ciudad, la presa Faustino Pérez, se presenta una situación normal para esta época del año, al almacenar 15 millones de metros cúbicos, de los 26 que es capaz de retener en su vaso. Muy por debajo de sus capacidades se encuentran los embalses La Yaya y Jaibo, las de mayores capacidades en el territorio más oriental, con 160 y 120 hm<sup>3</sup> de capacidad de llenado, respectivamente, y cuyas aguas están destinadas en lo fundamental al riego agrícola, aunque también a comunidades de los municipios de Niceto Pérez y Caimanera. No obstante, la situación más desfavorable se presenta en Pozo Azul, ubicada en el Valle de Caujerí, que solo almacena el 14 por ciento de su capacidad, comprometiendo la entrega del líquido para las labores agrícolas y el consumo de la población (Ríos, 2019).

### **2.1.2 Ahorro y disponibilidad de agua en la agricultura.**

La escasez de agua constituye una importante limitación para el desarrollo agrícola en las regiones áridas y semiáridas. La comunidad internacional está insistentemente analizando y siguiendo los modelos de consumo del agua en la agricultura y su correspondiente asignación y eficiencia en el uso (Garcés y Muños, 2008).

Generalmente en la agricultura se tienen altos consumos de agua causados por la sobreirrigación, lo cual no sólo genera un derroche de agua, sino que dicha ineficiencia en su aplicación al riego conlleva a pérdidas de fertilizantes nitrogenados y posterior contaminación de los acuíferos subterráneos por lixiviación de estos. Además la alta variabilidad espacial en las condiciones físicas del suelo se traducen en un reparto desigual de agua de riego aplicada en el predio, problema que generalmente no es considerado para el diseño de nuevas obras de riego (aspersión, goteo, y superficial) como en las ya existentes (Castro *et al.*, 2008 citado por Antúnez, 2016).

En Cuba las principales causas que originan estas situaciones se relacionan según Cisnero *et al.*, (2011), con la mecanización masiva del riego, mediante la extensión de

las máquinas de pivote central y otras, que aunque logran elevadas productividades de áreas regadas por hombre, muestran signos de poca efectividad agrícola y baja eficiencia en el uso del agua, relacionada esto a su vez, con un empleo incorrecto y por desconocimiento del modo de operar estas tecnologías.

Varios autores como Santos *et al.*, (2010) y Pacheco *et al.*, (2012), resaltan la importancia de la correcta determinación de las necesidades de agua de los cultivos con el empleo de las nuevas tecnologías de la información, por el ahorro de agua que presuponen, y plantean que para lograr que la agricultura bajo riego contribuya al uso sostenible del agua, será necesario reducir los volúmenes aplicados a los cultivos, basados en los métodos de programación de riego, término que usualmente se emplea para describir el procedimiento donde se determina la frecuencia y dosis de agua a aplicar en cada riego, teniendo en cuenta las condiciones edáficas existentes, el tipo de cultivo y su estado fisiológico así como el clima predominante. El fin perseguido es, además de incrementar los niveles de producción, propiciar un ahorro del agua empleada en cada riego, con el mínimo riesgo de contaminación al medio ambiente.

El mundo cada vez gasta más agua de la que la tierra nos puede ofrecer, así que una de las más importantes obligaciones de los agricultores es mejorar el uso del agua en la agricultura. Regar es una de las tareas más comunes en la actividad agraria, pues sin agua los cultivos no darían producción. Así pues, hacer un uso sostenible del agua en la agricultura es de vital importancia para la sostenibilidad de ésta, y más aún si estamos hablando de cultivos ecológicos. Hay que aprender a utilizar el agua de manera eficiente, para sacarle el máximo partido, causando el menor gasto posible. Pero además por temas medioambientales, existen muchas razones por las que cuidar el regadío de los cultivos. Si inviertes en mejorar y hacer más eficientes las técnicas de regadío de los cultivos, estarás potenciando la productividad de estos, ya que estabiliza la producción agrícola frente a los cambios pluviométricos (Johnson, 2016).

El uso de una adecuada programación de riego en función de las verdaderas necesidades hídricas de las plantas y técnicas como el riego por goteo o aspersión, así como evitar las pérdidas de agua por escorrentía e infiltración fuera del alcance de las raíces, son los factores que favorecen al ahorro del agua en la Agricultura.

## **2.2 Evapotranspiración.**

La evaporación es un proceso esencial del ciclo hidrológico, pues se estima que aproximadamente el 75% de la precipitación total anual que ocurre sobre los continentes retorna a la atmósfera en forma de vapor, directamente por evaporación o a través de las plantas, por transpiración (Gray, Mc Kay and Wigham, 1973).

La evaporación es el proceso físico por el cual el agua cambia de estado líquido a gaseoso, retornando directamente a la atmósfera en forma de vapor. También el agua en estado sólido (nieve o hielo) puede pasar directamente a vapor y el fenómeno se denomina sublimación. A efectos de estimar las pérdidas por evaporación en una zona, el término se entenderá en sentido amplio, incluyendo la sublimación. La radiación solar proporciona a las moléculas de agua la energía necesaria para el cambio de estado (Prada, García y Chávez, 2015).

Del mismo modo, este autor afirma que todo tipo de agua en la superficie terrestre está expuesta a la evaporación. El fenómeno es tanto más débil cuanto menor es la agitación de las moléculas, y tanto más intenso cuanto mayor es la cantidad de agua con posibilidad de evaporarse. Además, es necesario que el medio que envuelve la superficie evaporante tenga capacidad para admitir el vapor de agua. Esto último se conoce como poder evaporante de la atmósfera.

La cantidad de agua evaporada o transpirada constituye una pérdida directa para los almacenamientos superficiales (embalses) y los subterráneos (acuíferos), de tal manera que su estimación es necesaria en todos los análisis hidrológicos relativos a la distribución de las aguas y en los estudios de balance y operación de almacenamientos. La estimación de los escurrimientos de una cuenca y de las dotaciones a los cultivos, la determinación de la capacidad necesaria en los embalses, y la cuantificación de la extracción factible en los acuíferos, son algunos de los estudios hidrológicos en los que los procesos de evaporación y transpiración juegan un papel preponderante (Campos, 1998).

La transpiración es el caso especial de evaporación de agua, desde un tejido vivo hacia el exterior, tal fenómeno puede tener lugar en cualquier parte del vegetal que esté expuesta al aire, pero son las hojas los órganos que lo realizan con mayor intensidad. Una de las vías de transpiración en las plantas es la estomática, regulada por los estomas, los cuales se cierran cuando hay un déficit apreciable de agua en ellas y constituyen la vía más importante para el intercambio gaseoso entre el mesófilo y la atmósfera, representa alrededor del 90% del total de agua perdida (Barceló, *et al.*, 1987).

Los mismos autores plantean que la transpiración presenta una periodicidad diurna relacionada con las condiciones meteorológicas. En general es baja durante la noche, aumenta con rapidez después del amanecer hasta un máximo al final de la mañana o principios de la tarde y luego disminuye gradualmente hasta la noche, esta puede variar de un momento a otro, debido a efectos de los factores ambientales que modifican condiciones fisiológicas intrínsecas del vegetal (pH, potencial agua, etc.). Estos factores pueden ser: radiación solar, humedad relativa, temperatura, disponibilidad de agua en el suelo y viento,

Las plantas deben mantener la suficiente cantidad de agua en los tejidos para evitar la pérdida de turgencia y el consiguiente marchitamiento, que sucede cuando la membrana plasmática no está presionando su pared celular. La pérdida de turgencia interrumpe la comunicación intercelular, así como el suministro de nutrientes y hormonas (reguladores de crecimiento vegetal) preciso para mantener a la planta y controlar su funcionamiento (Pimienta *et al.*, 2015).

Como resultado de la elevada tasa de transpiración necesaria para el enfriamiento de las hojas y para bombear el agua desde la raíz, pueden producirse con rapidez grandes y peligrosas pérdidas de agua. La planta ha de ser capaz de responder a una serie de estímulos medioambientales para controlar el equilibrio hídrico, es decir, que el potencial hídrico de una célula o tejido sea cero (Nabors, 2005).

Por otro lado este autor plantea que Mediante el control del diámetro de los estomas, el vegetal puede regular la tasa de pérdida de agua provocada por la transpiración. En días calurosos, secos y ventosos, los estomas permanecen cerrados. Evidentemente, el

cierre de estos ahorra agua, pero también reduce la absorción del CO<sub>2</sub> necesario para la fotosíntesis. En estas condiciones, el vegetal pierde carbono a través de la fotorrespiración. Las plantas están constituidas de forma que los estomas se cierran, dando lugar a una fotosíntesis menor, antes de que la fotorrespiración aumente notablemente.

Llegar a conocer el consumo de agua por parte de los cultivos, y en especial los requerimientos hídricos netos y brutos de riego, es una preocupación de los ingenieros, proyectistas, gestores y agricultores. Los consumos de agua de un cultivo, o necesidades hídricas, se corresponden con su evapotranspiración (ET) en un determinado ambiente y bajo un manejo concreto del mismo (Santos *et al.*, 2010).

Estudios de Allen *et al.*, (2006) reconocen como evapotranspiración la combinación de dos procesos separados en los que el agua se pierde, a través de la superficie del suelo por evaporación y mediante la transpiración del cultivo. En la naturaleza, la evaporación desde el suelo y la transpiración desde la planta ocurren simultáneamente, sin que existan métodos sencillos de distinguir entre ambas. Por ello se engloban bajo el término de evapotranspiración.

Los factores del suelo no tienen ningún efecto sobre la evapotranspiración. El relacionar la ET a una superficie específica permite contar con una referencia a la cual se puede relacionar la ET de otras superficies. Además, se elimina la necesidad de definir un nivel de ET para cada cultivo y periodo de crecimiento. Se pueden comparar valores medidos o estimados de ETo en diferentes localidades o en diferentes épocas del año, debido a que se hace referencia a ET bajo la misma superficie de referencia. (Allen *et al.*, 2006)

En sistemas protegidos las plantas tienen condiciones ambientales diferentes con respecto a las cultivadas al aire libre, lo que conlleva a que la demanda hídrica sea diferente. Por tal razón, se requiere del conocimiento de la evapotranspiración (Etc.) para establecer la adecuada programación de riego. Estudios realizados sobre el tema han reportado que la Etc se reduce hasta en un 50% en comparación con la del exterior (Castilla y Ferreres, 1990).

La evapotranspiración de un cultivo bajo condiciones estándar (ET<sub>c</sub>, mm día<sup>-1</sup>) es la correspondiente a la cubierta vegetal del cultivo libre de plagas, enfermedades y

fisiopatías bajo condiciones no restrictivas de agua disponible, con un adecuado suministro de nutrientes minerales en grandes superficies de tal forma que se puedan obtener máximos rendimientos bajo condiciones climáticas dadas, la evapotranspiración máxima (ET<sub>c</sub>) se calcula multiplicando la evapotranspiración de la superficie de referencia (ET<sub>o</sub>) por el coeficiente del cultivo (K<sub>c</sub>) método extendido por (Doorembos y Pruitt, 1975, FAO 56, 2006).

La circulación del agua por las plantas, permite que éstas mantengan los estomas abiertos sin que se deshidraten sus tejidos, y a la vez, una pequeña parte de esta agua es fijado mediante la fotosíntesis en la elaboración de materia orgánica, junto al CO<sub>2</sub> que las plantas toman por los estomas. Si la cantidad de agua que hay en el suelo es limitante para la planta, ésta también realiza su propia regulación mediante el cierre estomático (Idso, 1983).

### **2.2.1 Vías para obtener el consumo de agua de los cultivos.**

La ET puede medirse directamente con lisímetros, e indirectamente, con métodos micrometeorológicos, pero puede estimarse mediante diferentes modelos, más o menos empíricos, a partir de registros periódicos de distintas variables climáticas. Aunque las dos primeras posibilidades son más propias del campo de la investigación, la tercera alternativa es la más extendida en la práctica del riego. Estas se expresa normalmente en milímetros por unidad de tiempo (mm h<sup>-1</sup>; mm día<sup>-1</sup>; mm mes<sup>-1</sup>), donde se enuncia la cantidad de agua perdida de una superficie cultivada en unidades de altura de agua (Santos *et al.*, 2010).

La ecuación combinada de Penman-Monteith se puede utilizar para el cálculo directo de la evapotranspiración de cualquier cultivo pues la resistencia superficial y aerodinámica es específica para cada cultivo (Allen *et al.*, 2006). Para su cálculo, se necesitan varios parámetros que caracterizan la temperatura y la humedad relativa del aire y las transferencias de vapor de agua entre la superficie de la cubierta y el aire. Estos se obtienen a partir de los registros tomados en estaciones climáticas estandarizadas, normalmente recurriendo a estaciones automatizadas, donde se recogen datos de

temperatura y humedad relativa del aire, radiación solar o insolación real diaria, y velocidad del viento.

En estudios de Penman-Monteith (1948) se combinó el balance energético con el método de la transferencia de masa y derivó una ecuación para calcular la evaporación de una superficie abierta de agua a partir de datos climáticos estándar de horas sol, temperatura, humedad atmosférica y velocidad de viento. Este método conocido como combinado fue desarrollado posteriormente por muchos investigadores y ampliado a las superficies cultivadas por medio de la introducción de factores de resistencia.

Estos mismos autores tiempo después, afirman que la colaboración entre la Comisión Internacional para Riego y Drenaje y la Organización Meteorológica Mundial, convocada por la FAO para revisar las metodologías previamente propuestas, y elaborar recomendaciones, es que declara como nuevo método estandarizado Penman-Monteith, el cual reduce las imprecisiones del método anterior y produce globalmente valores más consistentes con datos reales de uso de agua de diversos cultivos. Con este método se obtienen valores más consistentes del consumo de agua de los cultivos, esto debido a que toma en cuenta un mayor número de variables climáticas en comparación con otros métodos.

Las necesidades netas de agua para el riego se estiman mediante el balance hídrico del terreno cultivado. Este método como tal balance, recoge unas entradas y salidas de agua en la parcela cultivada, que inciden directamente en el proceso de la ET del cultivo. Entre las primeras, figuran la precipitación, las reservas de agua en el perfil del suelo y el agua aportada por el ascenso capilar de las capas más profundas a la zona del perfil donde el sistema radicular es efectivo en cuanto a la absorción del agua; entre las salidas del balance, se han de cuantificar la correspondiente ET, la percolación de agua más allá de la profundidad efectiva de desarrollo del sistema radicular y, eventualmente la escorrentía superficial (Santos *et al.*, 2010).

Las necesidades brutas o totales de agua de riego se calculan teniendo en cuenta las necesidades netas, corregidas por la eficiencia de riego y con la fracción de lavado, si diera lugar.

## **Consumo de agua de los cultivos con limitaciones.**

La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar (ETCaj), se refiere a la evapotranspiración de cultivos que crecen bajo condiciones ambientales y de manejo diferentes de las condiciones estándar (ETC). Bajo condiciones de campo, la evapotranspiración real del cultivo puede desviarse de la ETC debido a condiciones no óptimas como son la des-uniformidad y baja densidad de siembra, la presencia de plagas y enfermedades, salinidad del suelo, cobertura del suelo y limitación o exceso de agua. Esto puede resultar en un reducido crecimiento de las plantas, menor densidad de plantas y así reducir la tasa de evapotranspiración por debajo de los valores de ETC (Allen, 1998).

Este autor afirma además, que los cálculos que utiliza la FAO para el Kaj (coeficiente ajustado) son bastante complejos, pero lo podemos sintetizar en la utilización de factores de ajuste. Uno es el factor (Acm), que tiene en cuenta la reducción del IAF por condiciones de manejo del cultivo. Otro es el ya visto Ke, que tiene en cuenta los cambios en la evaporación del suelo y el más importante, el Ks, que tiene en cuenta el estrés hídrico. Existen otros factores para casos muy particulares, que no los vamos a mencionar, como por ejemplo, el utilizado para suelos salinos. Todos los factores mencionados tienen valores inferiores a 1 (uno), y al aplicarlos sobre el Kc provocan un Kaj con valores inferiores a este. En consecuencia, la ETR (evapotranspiración real del cultivo) va a ser menor que la ETC (evapotranspiración del cultivo) y se calculará como el producto de la ETo por el Kaj.

En la producción de cultivos en condiciones de campo, el mismo autor plantea que el factor más importante a tener en cuenta en el cálculo de la ETR es la disponibilidad de agua en el suelo. Cuando esta cae por debajo de cierto valor umbral, se dice que el cultivo se encuentra estresado. Según la metodología FAO, en el cálculo de la ETR, se utiliza el coeficiente Ks, porque describe el efecto del estrés hídrico en la transpiración del cultivo, a través del agua existente en el suelo. Este coeficiente toma valores de 0 (cero) a 1 (uno), y multiplica al Kc. Es decir, que  $Kaj = Kc \cdot Ks$  (coeficiente ajustado), que luego se multiplica por la ETo.

Para determinar el valor de Ks se utiliza una ecuación lineal que relaciona el contenido máximo de agua disponible en el suelo y el agotamiento de ese contenido. Sin embargo, investigaciones realizadas en Argentina (Collino *et al.*, 1997; Haro *et al.*, 2008) sobre cultivos de alfalfa y maní, muestran que la disminución de la ETR a medida que se agotaba el agua del suelo se ajustaba mejor a una función cuadrática. Por otra parte, Andriani, (2004) trabajando en el consumo de agua de cultivos de soja, también observó este comportamiento de la ET (evapotranspiración).

El grado de déficit hídrico que puede alcanzar un cultivo depende de la intensidad y duración del mismo. La intensidad se refiere al potencial de agua alcanzado por los tejidos de la planta. A menores valores de potencial agua (valores más negativos), mayor intensidad del déficit, porque se van afectando procesos fisiológicos cada vez más importantes para el crecimiento y desarrollo de la planta. La duración, es el tiempo en el cual la planta estuvo sometida al déficit hídrico.

Basado en esos conceptos Andriani (2004) desarrolló el índice de déficit hídrico (IDEHI). Este índice es similar al Ks, porque relaciona el contenido de agua en el suelo, pero la ecuación que lo determina no es lineal, sino cuadrática.

$$\text{IDEHI} = 2,1 * (\text{AUE}/\text{AUL})^2 + 7,9 * (\text{AUE}/\text{AUL})$$

Donde:

AUE: Agua útil existente en el perfil explorado por las raíces del cultivo.

AUL: Agua útil en el límite de estrés (40 a 60% AUM, según suelo) en el perfil explorado por las raíces.

### **2.2.2 Pastos y forrajes. Necesidades hídricas.**

Se le conoce como “pasto” a toda hierba verde que produce la tierra de forma natural y que da semilla según su género y especie. Taxonómicamente se conoce como *gramineae* (gramíneas), algunas de las cuales se han manipulado genéticamente para hacerlas más resistentes a plagas, enfermedades, estrés hídrico, y otros con el propósito de que sean más productivas, y se les conoce como “pastos mejorados”. Y se le llama comúnmente

“forraje” a todo material vegetal verde diferente a los pastos, que produce semilla o frutos y que son susceptibles de ser utilizados como alternativa para complementar la dieta de los rumiantes. Los forrajes se caracterizan por sus altos contenidos de proteína y/o energía según su género y especie, al mismo tiempo por una capacidad muy limitada de producción en cantidad (Rúa, 2008).

El mismo autor plantea que los pastos (gramíneas) son la base fundamental de todo programa de alimentación en ganadería de trópico, puesto que proveen al animal de nutrientes como carbohidratos, proteína, aminoácidos, minerales y vitaminas, entre otros. Es un alimento muy completo pero al mismo tiempo el más económico de toda la dieta para un bovino. Por su parte, los forrajes son también una fuente de este tipo de nutrientes pero en una forma más concentrada, de menor productividad y por tanto de mayor costo que los pastos, aunque igualmente económicos si se compara con alimentos procesados.

Los pastos, al igual que los cultivos que se siembran para la obtención de alimentos, fibra y energía requieren condiciones específicas para desarrollarse, tales como un grado óptimo de temperatura y una cantidad de agua suficiente (Ramírez *et al.*, 2017)

Citado por el mismo autor, los pastos ocupan el 23% de las tierras en el trópico latinoamericano y constituyen la fuente fundamental de alimentación de los bovinos, sin embargo se degradan a gran velocidad debido fundamentalmente al manejo deficiente de las especies. Entre las principales causas de degradación de los pastos se encuentra la baja fertilidad de los suelos, pobre adaptación de especies introducidas, deficiencia en los sistemas de establecimiento y manejo, uso nulo o limitado de fertilizantes, ausencia de leguminosas, agresividad de plantas invasoras, alta presión de patógenos, falta de capacitación o actualización, reducido apoyo a la generación, extensión y generalización de tecnologías sostenibles.

En otros tiempos de máximo empleo en la ganadería, el vacuno consumía directamente en pastoreo el 70% de los nutrientes y sumándole el forraje se elevaba al 90%, es decir que sólo el 10% de los nutrientes consumidos por el ganado vacuno dependían de los concentrados (Valdivia, 1979). De acuerdo a lo anterior, los alimentos concentrados aportaban menos del 20% de los componentes alimentarios fundamentales y sólo en

condiciones de explotación más intensivas y especializadas el aporte de los pastos y forrajes pudo haber sido menor.

En la ración típica de un bovino en Cuba, los forrajes permanentes y los alimentos suplementarios distribuidos, arrojan que solo se consume el 48% del alimento necesario, donde el 94% de este es aportado por los pastos (GAIPA, 2004).

Se ha comprobado experimentalmente la posibilidad de producir de 8 a 12 litros de leche por vacas basado en pastos fertilizados (Pérez, 1977; Jerez, 1983; García, 1993), o en asociaciones en toda el área de pastoreo de gramíneas leguminosas (Sánchez, 2002). El desarrollo creciente de la producción ganadera en Cuba ha estado estrechamente relacionado al crecimiento progresivo de los pastos y forrajes mejorados o cultivados, que a finales de la década del 1980 ocupaban cerca del 50%, mientras que en la actualidad no sobrepasan el 20% de la estructura varietal explotada en nuestra ganadería.

No parece ser posible llegar hoy día a la producción sostenible de leche y carne de res en el trópico, sin que los pastos, incluidas las leguminosas, desempeñen el rol protagónico (Hernández *et al.*, 2000).

La principal causa de la caída de la producción ganadera en nuestras condiciones es el deterioro sin reposición de los pastizales cultivados. Se hace necesario continuar los esfuerzos en la introducción, evaluación y explotación de nuevas formas nativas o mejoradas de pastos y forrajes, cuyos potenciales productivos, valor nutritivo, adaptación y tolerancia al ambiente así como otros rasgos de interés superen a las variedades locales e incidan positivamente en la producción (Machado *et al.*, 1997; Olivera *et al.*, 2003).

Los principales factores que afectan la producción de pastos y forrajes son: clima (Temperatura, Radiación Solar, Precipitación), suelo (Fertilidad, Propiedades Físicas, Humedad), la especie y el manejo, debido a que el crecimiento de las plantas es producto, en primera instancia, del proceso de fotosíntesis que ocurre por la acción de la luz (Whiteman, 1980).

Se plantean por el mismo autor que todas estas variedades, independientemente de su hábito de crecimiento, alcanzan un potencial productivo medio de materia seca que

fluctúa entre (15,6 y 22,1) t/ha/año, cuando se riega y fertiliza entre (9,8 y 16,0) t/ha/año, en seco y fertilizada en lluvia entre (9,0 y 11,0) t/ha/año en seco sin fertilización, lo que representa un incremento medio de (35,7; 44,6 y 40,4)% por encima de lo que producen las gramíneas naturales y/o naturalizadas.

Los sistemas de producción que mayor aceptación han tenido por los ganaderos han sido los silvopastoriles y los pedestales bajo las condiciones actuales de nuestro país. Generalizar las tecnologías del silvopastoreo con leucaena, es una alternativa cubana para cubrir las demandas proteicas del ganado vacuno y buen sustituto de la dieta con piensos importados que se le suministraba a los animales. Decimos a la cubana, porque existe un reconocimiento internacional hacia nuestras instituciones científicas como descubridores y promotores del sistema silvopastoril con leucaena, avalado por varios especialistas extranjeros en esta disciplina (Berdayes, 2003).

Milera (2011) presenta una pirámide (anexos 2) que simboliza los sistemas silvopastoril, es integrada en cinco estratos, con el empleo de los géneros estudiados y adaptados a las condiciones edafoclimáticas de la Isla (Paretas y López, 2007). Esta pirámide está soportada por un manejo agroecológico.

- Primer estrato. El suelo es el primero y constituye la base del sistema.
- Segundo estrato. Es el que está cubierto por gramíneas para pastoreo (*Panicum*, *Cenchrus*, *Andropogon*, *Brachiaria*, *Cynodon*) y leguminosas herbáceas (*Glycine*, *Teramnus*, *Stylosanthes*, *Macroptilium*, *Arachis*, *Pueraria*, *Clitoria*); así como forrajes para corte, de altos rendimientos (caña, hierba elefante, zacate Guatemala), y cultivos intercalados (*Dolichos*, *Canavalia*, *Mucuna*).
- Tercer estrato. Forrajeras arbóreas en bancos de biomasa con alta densidad para corte o para pastoreo: *Leucaena*, *Erithrina*, *Moringa*, *Bauhinia*, *Cratylia*, *Morus*, *Tithonia*, *Trichanthera*, *Gliricidia*.
- Cuarto estrato. Maderables y frutales: cedro, caoba, majagua, ocuje, teca, baría, aguacate, mango, mamey, guayaba, coco, anón, chirimoya, ciruela, mamoncillo, marañón.
- Quinto estrato. Árboles y palmas: algarrobo, ceiba, eucalipto, guácima, guáimaro, jobo, yaba, caigüirán, palmas.

En la cúspide debe estar el hombre, dotado de los conocimientos para diseñar y manejar los arreglos espaciales en función de las condiciones edafoclimáticas del sitio o finca. El King Grass es producto del cruce genético entre pasto Elefante (*Pennisetum Purpureum*) y Sorgo forrajero (*Pennisetum Typhoides*). Su principal característica es la alta talla que puede desarrollar alcanzando una altura próxima a los tres metros. Además, se caracteriza por tener un crecimiento erecto pero debido a su altura, y a que sus hojas son muy largas y anchas con abundante vellosidad en sus bordes; el ápice (punta) de la hoja se dobla hacia abajo cuando ya no es capaz de soportar su propio peso por efecto de la gravedad. Se adapta preferiblemente en climas templados por debajo de los 1 800 m.s.n.m. y cálidos hasta 0 m.s.n.m., su madurez fisiológica (EMF = edad a la que se registra su mayor tasa de crecimiento), se da entre los 60 y 80 días de edad mientras su madurez de cosecha (EMC = edad a la que alcanza su floración, fructificación o semillamiento) se da entre el día 90 y 120 después de la cosecha anterior. Su punto verde óptimo (PVO = edad en la que debe ser cosechado el pasto) se presenta entre el día 70 y 90 después de la cosecha anterior. Su producción por unidad de área de cultivo o rendimiento de cosecha está tasado en un rango que varía según la región y época del año entre 70 y 120 toneladas de pasto fresco por hectárea, y en casos extremos puede llegar a producir hasta 200 toneladas por hectárea (Rúa, 2008).

Esta planta forrajera se ha destacado en Cuba y Latinoamérica por su valor energético y alto potencial productivo tanto en riego como en seco. El desarrollo del riego en esta gramínea en Cuba para su uso en la ceba de toros de acuerdo al programa previsto en el país para la intensificación de esta actividad entre los pequeños agricultores, indica que será necesario contar con elementos adecuados para el manejo eficiente del riego con vistas al ahorro de agua y energía (Romero, 2007).

Este tipo de pasto bajo riego, constituye una modalidad que mejora el rendimiento productivo y rentable del cultivo, lo cual significa para el productor agropecuario, mayor cantidad de alimento para el ganado utilizando la misma superficie de terreno pero con mayor uso del agua, resultados que, coinciden con Medrano *et al.*, (2008) quienes expresan que, mejorar la producción vegetal es compatible con la economía del agua, pero esto requiere más conocimientos y tecnología que se debe desarrollar para hacer

más sostenible la producción de alimentos y el abastecimiento de las poblaciones (Parraga *et al.*, 2017).

Estos autores plantean que la producción de forraje verde del pasto King Grass morado, está relacionado con los volúmenes de agua que se aplique. El contenido de materia seca está en correspondencia con las necesidades hídricas reales del pasto, factores ambientales y labores de manejo del cultivo. La eficiencia hídrica del cultivo es mayor cuando se aplican láminas de riego menores a la ETc.

El uso de la irrigación en ambientes semiáridos es una técnica indispensable para reducir la deficiencia en la producción de forraje en el período de déficit hídrico. Diversos autores verificaron efectos positivos de la irrigación sobre la productividad de forrajes tropicales (Dourato-Neto *et al.*, 2002; Gargantini *et al.*, 2005 y Souza *et al.*, 2005).

En los últimos tiempos, ha existido un uso creciente del riego a fin de aumentar la capacidad productiva de la biomasa de forrajes tropicales. Sin embargo, la respuesta productiva de los pastizales, depende del riego, pero también está directamente relacionada con factores climáticos, especialmente la temperatura y el fotoperíodo (Alencar, 2009).

Esto quiere decir que la eficiencia hídrica de pasto es mayor cuando las láminas de agua que se aplican son menores a la necesidad hídrica de la planta, debido a una mejor distribución de asimilados en la planta en especial de la parte aérea, resultados que contrastan con lo manifestado por (Ñústez *et al.*, 2009) donde manifiestan que la asignación de asimilados en las plantas resulta de la interacción de condiciones climáticas, prácticas culturales y genotipo.

Resultados experimentales en sistemas de pastoreo/ramoneo en Cuba indican que el ganado vacuno puede aumentar su ganancia de peso por día cuando se alimentan con árboles de *Leucaena* dispersos en el pasto, en comparación con las gramíneas solas (550-800 g/día en la época lluviosa y de 350-670 g/día en el período seco); en otros trabajos se han alcanzado valores de producción de leche de 17,026 L/ha/año, los que

se asemejan a los obtenidos en los sistemas productivos de países templados (Hernández *et al.*, 2000; Hernández y Babbar, 2001).

### **2.3 Evolución y desarrollo de los sistemas de riego.**

El riego consiste en la aplicación artificial de agua para ayudar al crecimiento de cultivos, árboles y pastos. Esto se puede hacer dejando que el agua fluya sobre la tierra (riego por superficie), pulverizando agua a presión sobre el terreno en cuestión (riego por aspersión), o llevando el agua directamente a la planta (riego localizado) (FAO, 2016). Afirma además que el riego se practica desde hace más de 4 000 años. Los ríos Éufrates y Tigris fueron la cuna de las civilizaciones mesopotámicas y el riego con sus aguas hizo posible el desarrollo de la agricultura. En Egipto, el agua de inundación del Nilo ya se usaba para cultivar en la época de los faraones. En Mongolia, el riego se desarrolló en el primer siglo de nuestra era.

El método principal de entrega (para cerca del 95% de los proyectos en todo el mundo) es el de superficie (riego por inundación o de surco); el agua se distribuye por gravedad en la zona que va a ser regada, con los adelantos tecnológicos del siglo XX proporcionaron avanzados sistemas de riego básicamente más eficientes que las técnicas de riego superficiales. El método de riego por aspersión representó un avance en la tecnología del riego, donde el agua se distribuye a presión por una conducción a sección llena y se aplica a los cultivos por medio de aspersores, en forma similar a la precipitación (Castañón, 1991).

Por otro lado este autor plantea que esta técnica de riego aumentó significativamente en poco tiempo, debido a su mayor adaptabilidad en terrenos con relieve y propiedades físicas no asimilables para los riegos de superficie, supprincipal limitante radicó en que se requiere de mucha mano de obra y tiempo para mover los componentes del riego (bomba y tuberías) a otras áreas, a medida que se cumplía la norma de riego establecida para el cultivo. Ello motivó el diseño del sistema de riego de desplazamiento frontal, el de pivote central o de desplazamiento radial y el cañón aspersor con tubería enrollada.

Los sistema de riego de cañón aspersor son sistema de riego superficial constituidos generalmente por un equipo móvil o semiestacionario que lleva una tubería que puede

enrollarse y desenrollarse y que cuenta además con un aspersor gigante final. Se le conoce también simplemente como enrollado (Castañón, 1991).

El riego por aspersión ha asimilado una serie de modificaciones en función de las variaciones producidas en los parámetros que intervienen en su diseño, manejo y costo de inversión y han dado lugar a diferentes técnicas para aplicar el agua a los cultivos con una mayor eficiencia, no obstante, sigue manteniéndose el concepto de que se requieren grandes cantidades de agua para mantener la vida de los cultivos (Amir *et al.*, 1998).

El cañón de riego es un equipo con mayor historia en el medio productivo uruguayo. Se trata de un aspersor de gran porte que para su funcionamiento se acopla a una bobina auto-enrollable. Su accionamiento es hidráulico y se emplea para el riego en varias posiciones. La presión de trabajo varía entre 30 y 70 mca (3–7 bar, 43–100 psi). Frente al ala de riego o al Pívorot de un tramo, posee la desventaja comparativa de una menor uniformidad del riego, altamente afectada por el viento y un costo energético más elevado. También existen riesgos de compactación del terreno (Sánchez *et al.*, 2015).

En Cuba los primeros estudios del riego con enrolladores se realizaron en el Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola por (Montero *et al.*, 2009), donde determinaron los parámetros adecuados de explotación de esta técnica para la plantación del plátano por el sistema extradenso, además se llevó a cabo un proyecto de investigación para valorar estos equipos técnicamente, trabajando en diferentes sistemas de producción. Tal es así, que (Montero *et al.*, 2010) realizaron un diagnóstico inicial para detectar las principales dificultades de su explotación en diversos escenarios productivos.

Su fácil explotación, el mínimo empleo de fuerza de trabajo y amplio uso en condiciones adversas, ha motivado el empleo de esta técnica a diferentes productores que han sido beneficiados con la tecnología de enrolladores o aspersores viajeros en varias provincias de País.

En el municipio Florida, la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar fue beneficiada con la inversión de un sistema de riego con enrolladores eléctricos, con el propósito de satisfacer las necesidades hídricas que necesitan las plantaciones en sus diferentes ciclos vegetativos, lo cual constituye un requisito indispensable para la

obtención y producción de la semilla de los diferentes cultivares que se explotan en condiciones de producción en el territorio. (Sánchez *et al.*, 2015).

Según investigación realizada en Guantánamo por (Barroso *et al.*, 2015) el uso de los enrolladores viajeros con norma de producción para riego en cuatro etapas fue posible generar el régimen de riego óptimo para el cultivo de la cebolla, manejando un volumen de agua reducido en las cuatro etapas resultando mejor altura en un (26,6%), número de hojas (8,4%), número de raíces (36,8%), diámetro de bulbo (48%) y masa de bulbo (106,29 g), comparado con la aplicación de norma de producción con riego en dos etapas; lo cual se reflejó en un mayor rendimiento (47,8%).

Las diferentes regulaciones que se le deben realizar al equipo para que logre entregar los requerimientos hídricos que establece el régimen de riego de explotación durante cada una de las fases del cultivo, teniendo en cuenta la profundidad de la capa activa que se debe humedecer, existiendo de esta forma una estrecha relación entre las necesidades hídricas del cultivo y los parámetros de trabajo del enrollador (Tarjuelo, 2005).

El método de riego localizado no modifica este principio, sino que lo implementa eficientemente, porque la inundación del suelo corresponde a una pequeña porción cercana a la planta de donde se deriva la humedad por filtración y difusión. Con esto último se ha conseguido un ahorro considerable de agua, pues se eliminan en gran medida las pérdidas por escorrentía, percolación y evaporación propias de los métodos de riego que le antecedieron. La novedad técnica de estos sistemas consiste en que puede regularse tanto el régimen de humedad en el suelo, particularmente con el goteo, así como el contenido de humedad a nivel de la raíz (Del Castillo, 1997).

Este despunte tecnológico no ha seguido un desarrollo racional en todos los países, y unido a esto, las dificultades para disponer de recursos hídricos, energéticos y de suelo, con fines de regadío, han planteado un reto importante a la comunidad científica, ya que las necesidades alimentarias del planeta crecen proporcionalmente a la escasez de los recursos naturales, sobreexplotados insosteniblemente. En este sentido la implementación de alternativas de riego de bajo costo y mínimo consumo de recursos

constituye una vía para contribuir a la producción de alimentos agrícolas sin detrimentos ecológicos importantes y con beneficios a la calidad de vida (Bainbridge *et al.*, 2001).

Según Hernández (2006) el futuro de la agricultura de regadío a nivel mundial depende, en buena parte, de la implantación de sistemas de riego inteligente en las fincas de cultivo, que permitan la utilización más eficiente de los recursos agua, fertilizante y energía de manera que se aumenten los niveles de producción utilizando menos recursos productivos. Con el riego inteligente se incrementa la rentabilidad de las explotaciones y se minimiza el impacto ambiental de esta actividad al disminuir tanto el uso del agua como la aportación de elementos contaminantes al entorno. La implantación de sistemas de riego inteligente es fundamental para garantizar la sostenibilidad de la agricultura de regadío.

En tal sentido este autor evidencia que a partir de los drones, vistos como una herramienta tecnológica innovadora, es posible resolver las problemáticas expuestas en campos de cultivos de gran extensión, ya que con cámaras de alta definición e información geográfica pueden recorrer más de mil hectáreas en menos de una hora. Estos dispositivos son de gran utilidad para la toma de mediciones y captura remota que sobrevuelan los cultivos con cámaras multispectrales pueden tomar fotografías y grabar videos de alta resolución detectando características que se pasan por alto a simple vista, ayudando a respaldar las decisiones para una mejor precisión y productividad del campo. Mediante las imágenes tomadas con los drones se pueden generar diagnósticos que permiten diversas operaciones, tales como, gestiones hídricas, fertilización, detección de enfermedades y cosechas selectivas, que, a su vez, dan paso a la producción de mapas agronómicos los cuales representan claramente los problemas y los avances de los cultivos.

La agricultura de precisión tiene como herramientas: el uso de tecnologías de posicionamiento global satelital (GPS), teledetección, dispositivos de distribución de riego, fertilizantes y plaguicidas variables, sensores láser en tierra para medir el nivel del terreno y clima, e imágenes aéreas para evaluar las diferentes variables de cada parcela, claro está, el país debe contar con un buen sistema de información geográfica (Hernández, 2006). Los mapas de producción son de gran importancia y se generan a

partir de estas herramientas tecnológicas que en conjunto realizan el proceso de recolección de la información y diversos métodos gracias a los cuales es posible definir las áreas del cultivo que presentan una adecuada producción, detectar cuáles requieren análisis especial y dónde deben aplicarse correctivos en busca del objetivo deseado.

Del mismo modo este autor plantea que el sistema de riego por telemetría es una técnica automatizada que permite recopilar y analizar datos que se generan remotamente. A través de esta moderna tecnología se podría optimizar el uso del agua destinada a la actividad agrícola, calcular los tiempos de riego y distribuir de manera eficiente el recurso hídrico.

El avance acelerado del regadío en Cuba comenzó a partir del año 1959, debido al desarrollo de la infraestructura hidráulica, que pasó de 162 000 ha bajo riego en 1958 a 995 900 ha en 1991. Se realizó un especial esfuerzo en el período 1986-1991, en el cual se construyeron 106 micro-presas, 277 km de canales magistrales, 19 900 pozos y se beneficiaron 158 356 ha con drenaje parcelario o de red general, fundamentalmente en el cultivo de la caña de azúcar. Aunque la técnica de riego superficial siguió predominando, para 1991 la aspersion había crecido desde un 5% en 1964 a 57% en 1991 y el riego localizado desde 0 hasta 1,7% (Hernández, 2006).

La superficie regable de Cuba, considerando los factores del clima, suelo y los recursos hídricos disponibles, incluyendo las necesidades de los cultivos y las eficiencias de las diferentes técnicas de riego utilizadas, se estima en 2 700 000 ha. Un incremento en la superficie regable de Cuba sería sólo posible con un aumento en la eficiencia en los sistemas existentes (Johnson 2016).

Del mismo modo este autor refiere, que la crisis económica de los años 1990 en Cuba, motivada por la caída del bloque socialista de los países del este de Europa, con el cual Cuba mantenía el 85% de su mercado exterior, en un contexto de bloqueo económico prolongado por parte del Gobierno de Estados Unidos de América, ha tenido serias consecuencias sobre el desarrollo hidráulico cubano. Por una parte, se detuvo el proceso inversionista en las obras hidráulicas, incluyendo los sistemas de riego y drenaje, los recursos financieros existentes no fueron suficientes para costear el mantenimiento de

los sistemas construidos. Por las razones anteriores de 1991 a 2010 perdieron valor de uso para regadío unas 481 200 ha, disminuyendo el área bajo riego a 514 700 ha.

A partir del año 2010 comenzó la recuperación de estas áreas, en los dos últimos años se han incrementado alrededor del ocho por ciento para alcanzar 557 577 ha bajo riego en el 2012. En la campaña de riego del mismo año, se benefició el 88,2% del área total con regadío, debido a que algunos sistemas no tienen completamente valor de uso (MINAG, 2016).

En la misma literatura se plantea que la superficie total equipada para el riego, 239 758 ha o el 43% son explotaciones pequeñas (0-10 ha), 195 152 ha o el 35% son explotaciones pequeñas (10 - 50 ha) y 122 667 ha o el 22% son explotaciones grandes (> 50 ha). Mientras que en el anterior estudio realizado en 2 000, de la superficie bajo riego, el 5% pertenecía a pequeños sistemas de riego (menos de 10 ha), el 20% a medianos (de 10 - 50 ha) y el 75% a grandes (más de 50 ha). Este cambio en el tamaño de las explotaciones se debe a la actualización del modelo económico cubano, específicamente por el decreto ley 300, que autoriza el arriendo de tierras, antes pertenecientes a empresas estatales, a nuevos usufructuarios individuales.

El fortalecimiento de las cooperativas y la apertura de mercados al sector campesino, entre otras; ha cambiado el contexto del desarrollo del regadío, donde si bien el área total a regar no pretende alcanzar los valores de 1991 (se prevé en el 2020 alcanzar 875 600 ha), se produce un incremento de los usuarios del mismo con el crecimiento del riego a pequeña escala.

Las áreas bajo riego en la provincia Guantánamo al cierre del 2016 alcanzaron 6 201,50 ha, con valor de uso, notando un crecimiento comparado con el 2017 en 51 ha, una vez concluida la inversión del polo productivo de Jamaica y San Carlos en 20 ha beneficiada con enrolladores del Programa Mas alimento y 31 ha con aspersión semiestacionario. Sin valor de uso se alcanzan 1 887 ha (MINAG, 2017).

En el informe de cierre del Ministerio de la Agricultura (2017) se da a conocer que los cultivos Varios y Frutales cuentan con una superficie total de 1 807,6 ha, de ellas pertenecen a la Empresa Agroindustrial de Granos el 66,4% equivalente a 1200 ha y las

restantes del Valle de San Antonio del Sur. En los Pastos y Forrajes se benefician con riego 99,4 ha, de ellas 54,3 ha del sistema de riego de Limones y Jaibo en la Empresa Pecuaria Iván Rodríguez y 45,1 ha de San Antonio del Sur.

#### **2.4 El riego y el medio ambiente.**

En los próximos años está previsto que se produzca una revolución en la agricultura de regadío a nivel mundial, incrementándose la superficie de regadío, realizándose nuevas infraestructuras para riego, instalándose nuevos sistemas de riego que conlleven al aumento de la eficiencia del riego y en muchas zonas regables se producirá un cambio del tipo de cultivos. Para afrontar los retos que conlleva esta revolución, hay que tener en cuenta los principales impactos negativos sobre el medio ambiente que tiene actualmente la agricultura de regadío, hay que añadir los efectos del cambio climático que provocará que los periodos de sequía se intensifiquen y la disponibilidad de agua para la agricultura será menor, el ahorro de agua y energía en la agricultura de regadío se hace imprescindible, con el cambio de sistema de riego por gravedad a presión (aspersión o goteo) conlleva al uso de energía, en el caso particular de España las tarifas eléctricas han subido, lo que ha provocado que los costos energéticos en el regadío se hayan disparado, produciéndose una pérdida de rentabilidad, citado por (Hernández, 2005).

El riego y el drenaje, desde el punto de vista ecológico, son actividades técnicas dirigidas a mejorar las condiciones de la naturaleza, con el fin de garantizar la producción de alimentos. De todo proyecto de riego y drenaje se produce da alguna forma degradación del medio, es por ello que al formular proyectos de desarrollo de riego y drenaje es necesario determinar el nivel aceptable de degradación y proponer las medidas necesarias para mitigar las mismas (Hernández y Chaterlán, 2005).

La agricultura cubana requiere de un programa de acciones que eduque, comprometa y motive acciones para la recuperación, conservación y explotación sostenible de los proyectos de riego y drenaje. Por la que se deberán implementar al mayor nivel posible, prácticas agronómicas compatibles con el medio ambiente.

Solamente entre el 15% y el 50% del agua extraída para la agricultura de regadío llega a la zona radicular de los cultivos, la mayor parte se pierde por filtración en los canales no revestidos, por las fugas de las cañerías, o por evaporación antes de llegar a los campos de cultivo. Si parte del agua «perdida» en los sistemas de riego ineficientes, retorna a las corrientes de agua o acuíferos, su calidad se ha degradado por obra de los plaguicidas, fertilizantes y sales que se escurren por el suelo.

Arcadio (2018) plantea que los beneficios obvios del riego provienen de la mayor producción de alimentos. Además, la concentración e intensificación de la producción en un área más pequeña puede proteger los bosques y tierras silvestres, para que no se conviertan en terrenos agrícolas. Si existe una cobertura vegetal mayor durante la mayor parte del año, o si se prepara la tierra (por ejemplo nivelar y contornarla), se reduce la erosión de los suelos. Hay algunos beneficios para la salud, debido a la mejor higiene y la reducción en la incidencia de ciertas enfermedades. Los proyectos de riego pueden moderar las inundaciones, aguas abajo.

El cambio climático tiene un efecto importante sobre la seguridad alimentaria, pues incide de forma aguda en la disponibilidad y la accesibilidad de los alimentos (Arcadio2016). Afecta también su estabilidad y utilización. Los sistemas alimentarios constituyen el eje principal en la seguridad alimentaria pues incluyen toda la cadena, desde la producción hasta el consumo. Para que todas las personas en todo momento tengan acceso físico o económico a alimentos nutritivos, inocuos y suficientes para satisfacer las necesidades dietéticas y de su preferencia para una vida activa y saludable (seguridad alimentaria), es necesario que se respete y se cumpla en cada país: el derecho a producir (a proteger la economía nacional) con precios justos; el derecho a tener alimentos sanos (disponibilidad, accesibilidad, estabilidad, utilización); y el derecho de cada pueblo a definir su propio modelo, sus propias políticas agrarias y alimenticias para producir alimentos con el fin de alimentar a la población local y nacional.

La seguridad alimentaria depende directa o indirectamente de los servicios del ecosistema forestal y agrícola, por ejemplo, el suelo, la conservación de las aguas, la ordenación de las cuencas hidrográficas, la lucha contra la degradación de la tierra, la protección las zonas costeras y de los manglares, y la conservación de la biodiversidad.

#### **2.4.1 Impactos negativos y medidas de mitigación.**

Los impactos negativos más recurrentes en los sistemas de riego citados por Arcadio (2016), se encuentran la erosión y saturación del suelo, salinización, obstrucción de los canales con sedimentos, lixiviación de los nutrientes del suelo y deterioro de la calidad del agua en la fuente de abasto, contaminación del agua freática local, afectando la pesca y los usuarios aguas abajo, intrusión del agua salada a los sistemas de agua dulce, reducción de los caudales, afectando el uso de la zona aluvial y su ecología, la pesca en río y la dilución de los contaminantes, alteración o pérdida de la vegetación de la zona aluvial y trastorno de los ecosistemas costaneros (ejemplo los manglares). Estos dependen del tipo de riego y fuente de abasto, de las formas de almacenamiento, sistemas de transporte y distribución, además de los métodos de aplicación.

El establecimiento de grandes proyectos de riego puede causar trastornos ambientales como cambios en la hidrología y la limnología de las cuencas, cuando se represan o desvían ríos u otros afluentes de estas. Por otro lado, cuando la fuente de agua resulte subterránea, un potencial de impacto negativo surgirá como consecuencia de su explotación excesiva, siempre que los niveles de extracción superen la tasa de recuperación de estas fuentes, lo cual puede causar disminución de la calidad de las aguas, salinización de las mismas, o combinación de estos diferentes efectos (Hernández y Chaterlán, 2010).

Los mismos autores hacen mención de algunas prácticas directamente relacionadas con el manejo del riego y el drenaje, de manera tal que minimicen las alteraciones al medio ambiente realizando la siembra en contorno, rotación de cultivos, aplicación de abonos verdes, utilización de cultivos de alta densidad, entre otras prácticas agronómicas que favorece la sujeción del suelo, la conservación de la humedad del suelo y una consecuente disminución del escurrimiento, manejo de caudales adecuados, ya que los excesos de agua incrementan los procesos erosivos, al sobrepasarse la velocidad de infiltración del terreno, además de suponer un derroche de agua, uso eficiente de la técnica de riego, monitoreo sistemático por parte de las instituciones autorizadas de la calidad del agua para riego.

La agricultura sostenible constituye uno de los mayores desafíos. Esta sostenibilidad supone que la agricultura no sólo es capaz de garantizar un suministro sostenido de alimentos, sino que sus efectos ambientales, socioeconómicos y sanitarios se reconocen y contemplan en los planes nacionales de desarrollo.

En el Programa de Naciones Unidas de Medio Ambiente (PNUMA, 1993) se concluye que "el elevado contenido de sales minerales en las aguas potables influye en la morbilidad de los órganos del sistema digestivo, cardiovascular y de secreción urinaria, así como en el desarrollo de patologías ginecológicas y relacionadas con el embarazo" y se señalan "los efectos de los plaguicidas en el nivel de morbilidad oncológica, pulmonar y hematológica, así como en las deformidades congénitas y otros factores genéticos... La exposición a los plaguicidas se ha asociado también a deficiencias en el sistema inmunitario..."

Las premisas para resolver el problema de la ganadería parecen ser tres: la primera, producir en el sitio biomasa suficiente en cantidad y calidad para la alimentación de los animales; la segunda, que los sistemas de alimentación contribuyan a mitigar el cambio climático no solo en el cuidado del suelo, el agua y el entorno, sino que las dietas empleadas reduzcan la cantidades de metano y esto es posible con especies arbóreas (Galindo *et al.*, 2000; Galindo *et al.*, 2007; Sosa *et al.*, 2007); y la tercera, lograr un producto de calidad para la salud humana (Rubino, 2002).

## **2.5 El riego y el desarrollo local.**

El desarrollo local en Cuba ha alcanzado en los últimos años nuevas ideas generadas por su propio desarrollo y la aspiración de lograr una descentralización en todos los territorios del país. Es por ello que en los municipios se han creado las iniciativas de desarrollo local; las cuales exigen de los actores un protagonismo dirigido a resolver, de manera independiente y creadora, los bajos niveles de productividad que afectan el desarrollo, tanto económico, social, ambiental y cultural (Mazón, 2012).

El desarrollo depende siempre de la capacidad para introducir innovaciones a la base productiva y tejido empresarial de un territorio determinado. Tradicionalmente se ha

supuesto que el desarrollo depende de la inversión, de donde se deduce la importancia de la atracción de recursos financieros. Sin embargo, la disponibilidad de estos no es suficiente, ya que pueden dirigirse hacia aplicaciones de carácter improductivo o especulativo. La orientación de los recursos financieros a la inversión productiva depende de otros factores básicos (Albuquerque, 2004).

El desarrollo local desde un enfoque integral y sistémico del desarrollo debe fomentarse en la autogestión local, en la optimización del uso de su potencial endógeno, en la descentralización de decisiones y funciones en temas vinculados con la escala municipal y en mejoramiento de las condiciones de vida de la población mediante mayores y variadas producciones locales y eficientes sistemas de servicios, ello requiere entre otros, el cumplimiento del principio básico "enfoque integral y sistémico del desarrollo" mediante la actuación armónica sobre las dimensiones institucional, económico productiva, sociocultural y ambiental. Estas cuatro dimensiones son inseparables e imprescindibles, intentar el avance de una sin considerar la otra no conduce a la sostenibilidad de los procesos y por consiguiente mutila la de los proyectos. (Toledano *et al.*, 2017).

Desde un enfoque sistémico, el desarrollo económico local es una alternativa que se concibe como un proceso cíclico de organización y reorientación de los sistemas productivos territoriales y socioculturales, con la finalidad de lograr la adecuada concertación, integración y cooperación de actores locales (sociales, culturales, políticos, institucionales, empresariales, etcétera), así como la permanente introducción de innovaciones en proyectos, programas y planes para lograr crecimientos económicos, eficiencia, eficacia, productividad, flexibilización, diversificación, especialización y modernización de las economías locales, mediante la implementación de políticas dirigidas a fortalecer las infraestructuras técnicas y de mercados internos; es un proceso que estimula la inserción de tradicionales y nuevos productos en el mercado internacional, y la incorporación de los servicios al desarrollo y la búsqueda de iniciativas de integración (Driggs, 2011).

Este autor afirma que es un proceso que exige metas y retos en términos de transferencias de tecnología y conocimientos, así como en lo referente a la

competitividad económica de los espacios productivos (urbanos y rurales); es un proceso que parte del aprovechamiento de las energías y potencialidades de cada territorio (desarrollo endógeno), logrando plena coordinación y articulación de los proyectos de diferentes categorías con las políticas y estrategias de desarrollo regionales y nacionales teniendo en cuenta las variaciones de los escenarios internacionales. El desarrollo económico local tiene un trasfondo ideológico que se traduce en el uso racional de los recursos naturales, la elevación de la calidad de vida de las personas y la plena participación de la población en la toma de decisiones y en las proyecciones de su propio futuro.

De todo lo anterior se desprende que el programa de desarrollo socioeconómico en cualquier zona, región o país debe llevar insertada la dimensión ambiental, puesto que así lo exigen los escenarios y acontecimientos económicos producidos por los grandes cambios del medio ambiente social y los cambios tecnológicos que abogan por la necesidad del desarrollo sostenible en un mundo donde los procesos de globalización e internacionalización de las economías toman fuerza y son prácticamente indetenibles, con gran influencia sobre el desarrollo económico.

Si bien el desarrollo local es un proceso endógeno, que nace de la propia comunidad, no es un proceso aislado, sino por el contrario mezcla articulaciones inter jurisdiccionales (locales, provinciales, nacionales) que lo fortalezcan. De allí que se hace ineludible que el desarrollo local se planifique también considerando los lineamientos que se establecen desde las políticas provinciales y nacionales. La falta de vinculaciones con una perspectiva nacional de desarrollo implica el riesgo de que surjan proyectos productivos locales que estén desligados de una idea de desarrollo (Mazón, 2012).

El Proyecto Fortalecimiento de los vínculos entre los sistemas de protección social y las cadenas de valor agrícola, mediante el Programa Mundial de Alimentos, realizó acciones en la Provincia Guantánamo, en los Municipios de El Salvador con 304,5 ha y Niceto Pérez con 183,3 ha, beneficiando un total de 206 productores en nueve cooperativas de crédito y servicio para promover la producción de granos básicos reflejada en el Programa Nacional de Granos en 183 ha para la producción de frijol. Los beneficios aportados para lograr las producciones son: sistemas de riego, implementos agrícolas, tractores entre otros.

Con este proyecto fueron beneficiados algunos campesinos y empresa provincial de semillas con 192 sistemas para poner bajo riego 503 ha para la producción del frijol y otros cultivos que potencian el plan de autoabastecimiento municipal. Incrementando los rendimientos del cultivo del frijol de 0,7 t/ha, en el año 2014 a 1,0 t/h en 2018, para un incremento en la producción de frijol en la provincia y con ello la entrega al balance de 400 t en 2014 a 1400 t en 2017 (MINAG, 2018).

Willet *et al.*, (2007), validando la guía para Municipios Rurales Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo en Perú, plantea en su informe que tradicionalmente, gran parte de los esfuerzos de desarrollo hídrico en el país ha sido asumida por el Estado nacional, caracterizado por un fuerte centralismo y encasillado en un enfoque muy sectorial. Sin embargo, en los últimos años se viene dando a nivel de América Latina, y en especial en el Perú, un proceso de descentralización que modifica sustancialmente la estructura de atribuciones, funciones y responsabilidades entre los distintos niveles de gobierno: nacional, regional, local. Sin duda, este proceso otorga nuevas oportunidades y también mayores responsabilidades a los gobiernos locales y organizaciones de base con respecto su propio desarrollo, menos sectorializado y más integral. Entonces, las Municipalidades se están convirtiendo en importantes impulsores de desarrollo, toda vez que no solo prestan servicios civil-administrativos, sino que se conciben cada vez más como las instancias más legitimadas para promover acciones de desarrollo integral en sus espacios provinciales o distritales. La maduración del proceso descentralizador va mejorando el entendimiento sobre el país y su heterogeneidad socio cultural, geográfico y económico.

Estos autores plantean que el reto de la gestión municipal en las zonas rurales tiene dos elementos muy marcados e íntimamente ligados: la existencia de una población generalmente pobre, muy vinculada a su ambiente y a los recursos agua y suelo. Centros poblados en territorios muy amplios, dispersos e inaccesibles, donde llevar determinados servicios tiene mucha complejidad (en el Perú existen más de 84 000 centros poblados). A estas características se contraponen las tremendas limitaciones que tiene la mayoría de las municipalidades rurales con respecto a recursos financieros, capacidad profesional, operativa y logística, marco normativo, ambiguo y confuso. En estos

espacios rurales es donde resulta cada vez más imperativo que las municipalidades se convierten en actor clave para involucrarse en la problemática del agua y concertar visiones estratégicas y acciones de desarrollo hídrico local.

La participación social se vuelve fácilmente perceptible al momento de hablar del sector productivo campesino, donde la gestión que ha impulsado, ha sido efectiva gracias a la acción y gestión que siempre va orientada hacia un fin común, a un eje articulador y de preponderante interés para las comunidades y poblaciones rurales en general: “el acceso al riego”.

En efecto, el riego es considerado como un factor de producción fundamental para diversificar la producción agropecuaria (Hoogesteger, 2014), mantiene y reorganiza los sistemas de producción y reproducción, convirtiéndolo en un elemento importante en la definición de la matriz productiva agropecuaria local, que se proyecta hacia una visión productiva nacional. Acceder a este importante medio de producción, ha sido factible gracias a la intervención de las organizaciones sociales y/o comunitarias denominadas “organizaciones de regantes” conformadas por usuarios del riego, cuya acción se fundamenta en que entreteje dinámicamente el proceso de acceder y defender la fuente del agua; la definición de derechos, obligaciones y reglas de trabajo; las definiciones, valores, significados y símbolos locales, así como la relación de la comunidad humana con el agua y el ambiente natural (y a menudo el sobrenatural). Provee un sentido de pertenencia mutua en el que los seres humanos colectivamente pertenecen a un sistema o fuente de agua particular, y viceversa (Boelenes, 2011).

En este sentido y de acuerdo al mismo autor, muchas de estas organizaciones, desde su creación hasta la actualidad, han cobrado una importante relevancia tanto a nivel local como territorial, gracias a esa condición básica que asegura la administración y gestión del riego.

El riego, dinamiza una serie de procesos de diversa índole, despierta los intereses de diversos sectores por el uso de estos “bienes comunes”, que (Ostrom, 2002) lo aborda como los recursos naturales que tienen beneficios y derechos colectivos, de los cuales se ha confiado su administración y regulación a instituciones que alejadas del estado y

del mercado han demostrado grados razonables de éxito. Esto es lo que representan las organizaciones de regantes, cuya gestión, en muchos de los casos les ha permitido superar las barreras políticas, económicas y administrativas, para incidir en otros campos ajenos de lo que es la gestión del riego, asegurando desde estas escalas mejoras en la calidad de vida de sus usuarios y de su territorio, a través de la producción y dotación de alimentos en general.

Esto no sería factible sin la participación y emprendimiento del “capital social comunitario” que para el caso del riego (Hoogesteger, 2014), los relaciona con esos “lazos de reciprocidad que unen a los miembros de un grupo o asociación” que acarrearán potenciales beneficios tanto a los individuos como a los grupos en su conjunto. Estas cualidades del “capital social”, fortalecen los lazos sociales, garantizan y mantienen la confianza, reciprocidad y obligación de participación entre los diferentes actores, mantienen esas relaciones que deben permanecer constantes en virtud de sostener firme la gestión y desarrollo de sus sistemas de riego y por ende de su producción agropecuaria.

## **2.6 El encadenamiento productivo en el desarrollo agropecuario.**

La cadena productiva se puede definir como un conjunto estructurado de procesos de producción que va creando vínculos y que tiene en común un mismo mercado, en el que las características tecno-productivas de cada eslabón afectan la eficiencia y productividad de la producción en su conjunto. La cadena productiva se caracteriza por ser secuencial, involucrar a dos o más sectores productivos y económicos, la interdependencia, el aporte de todos los eslabones y los beneficios equitativos según los recursos que tiene cada actor (ONUDI, 2004).

Los encadenamientos productivos pueden ser de dos formas, los primeros son hacia atrás, los cuales están representados por las decisiones de inversión y cooperación orientadas a fortalecer la producción de materias primas y bienes de capital necesarios para la elaboración de productos terminados. Mientras que los encadenamientos hacia adelante surgen de la necesidad de los empresarios por promover la creación y

diversificación de nuevos mercados para la comercialización de productos existentes (Hirschman, 1958 referenciado en Isaza, 2006).

En Cuba este enfoque aparece oficialmente en las producciones agropecuarias, dando lugar a los complejos agroindustriales en la producción azucarera y arroceras en el 2010, como parte de los Lineamientos de la Política Económica y Social 2011-2015, sin embargo, las diferentes instituciones, tanto productivas como de servicios, carecen de claridad sobre dicho enfoque por lo que aún los más avanzados no han desarrollado todas sus potencialidades y en general, no se ha evolucionado en esta dirección ya que se manifiesta una falta de políticas gubernamentales dirigidas a favorecer los encadenamientos productivos. No existen mecanismos económicos, financieros, y fiscales que estimulen y promuevan los encadenamientos dirigidos al desarrollo de las exportaciones y la sustitución de importaciones (Roche *et al.*, 2016).

En la mayoría de casos, las cadenas productivas son un resultado espontáneo de la necesidad de lograr eficacia y eficiencia en la producción de un bien. Y un instrumento analítico adecuado para definir los puntos críticos en los que es posible incrementar la eficiencia es el análisis de valor generado a lo largo de la cadena, el cual permite comprender cómo se organiza la producción de bienes y servicios y analizar los vínculos dinámicos que existen entre actividades productivas que están más allá de las fronteras de un sector. El estudio de cada una de las actividades que agregan valor y de los enlaces entre eslabones puede servir de base para definir líneas de acción destinadas a incrementar la competitividad de las cadenas (Mitnik, 2011).

El mismo autor plantea que desde una perspectiva territorial, el fortalecimiento de las cadenas productivas locales tendrá, en general, un impacto significativo sobre el desarrollo económico y el empleo en el territorio. Además, si en esas cadenas participan productores de reducidos ingresos, el impacto social será también muy importante.

El enfoque de cadena para el sector agroalimentario en Cuba se comenzó a promover desde el proyecto PALMA (Programa de Apoyo Local a la Modernización Agropecuaria en Cuba) y se continuó y maduró durante el primer año de implementación de AGROCADENAS (Programa de apoyo al fortalecimiento de cadenas agroalimentarias a nivel local). Estos dos proyectos han sido implementados por el Programa de Naciones

Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Ministerio de la Agricultura (MINAG), para apoyar al país en la dinamización del sector agropecuario (Vinci *et al.*, 2014).

En la misma literatura se plantea que PALMA, implementado entre el 2009 al 2014, contó con el apoyo de la Unión Europea y a partir del 2012 con la contribución del Gobierno de Canadá, aunque no desarrolló sistemáticamente un enfoque de cadena, inició un primer pilotaje de su aplicación para diagnosticar las cadenas de leche y granos en Sancti Spiritus y de frutales en Santiago, aportando los primeros aprendizajes y enfoques que aquí se presentan. AGROCADENAS inició su implementación en enero del 2014 y cuenta con el apoyo de la Unión Europea y de la Agencia de Cooperación Suiza para el Desarrollo (COSUDE). Este proyecto contiene desde su concepción el enfoque de cadena, promoviendo el trabajo conjunto del MINAG, el Ministerio de Comercio Interior (MINCIN) y el Ministerio de la Industria Alimentaria (MINAL) para las cadenas de frijol, maíz, carne y leche vacuna en 13 municipios, agrupados en dos regiones con similar vocación productiva.

En estos tiempos se ha hecho muy popular en Cuba el término “encadenamientos productivos” como nueva filosofía de trabajo. Se aboga por su materialización y se considera que constituyen un potencial para el desarrollo, sabiendo que no existe otro camino para alcanzar incrementos productivos, calidad y eficiencia en nuestras producciones de bienes y servicios, y para ello deben concretarse, entre los diferentes actores de la economía y de estos con la inversión extranjera, las exportaciones, el Turismo, el sector no estatal, la construcción de viviendas y la industria nacional Publicado en el periódico 5 de Septiembre de Cienfuegos (Vinci *et al.*, 2014).

La necesidad de considerar un enfoque de cadenas para el estudio de los procesos productivos en general y para la producción agrícola en particular, es reconocida en la actualidad en Cuba como una manera efectiva de desarrollar estos procesos de manera armónica y sostenible. A pesar de ello los sectores involucrados carecen de claridad sobre dicho enfoque, el que ha sido aplicado desde una mirada de desarrollo de competitividad de un producto y no de los actores (Roche *et al.*, 2016).

En la Provincia de Guantánamo se tiene la experiencia de la cadena del Frijol con el “ Proyecto Fortalecimiento de los vínculos entre los sistemas de protección social y las

cadena de valor agrícola, mediante el Programa Mundial de Alimentos (PMA), apoyando la estrategia de Cuba para promover e incrementar la producción de granos y rendimientos en las áreas, contribuyendo a elevar el nivel de satisfacción de la demanda de las redes de protección social, la eficiencia y eficacia del funcionamiento de la cadena de suministro de frijol a las redes de protección social (MINAG, 2018).

## **2.7 Sistema de Información Geográfica. Uso en el desarrollo agropecuario.**

Los Sistemas de Información Geográficos (SIG) son tecnologías ampliamente difundidas dados sus importantes alcances a nivel institucional, ambiental, económico, social y cultural, a partir de sus diversos campos de actuación. Ello lo convierte en una herramienta de gran utilidad, que facilita el manejo, la integración y el análisis de información espacial; la gestión y la planificación territorial. En este sentido los mapas constituyen un importante recurso en el proceso de comunicación de resultados (Janet, 2016).

El mismo autor plantea que la planificación científica del uso y manejo de los recursos hídricos en la agricultura requiere una adecuada información sobre las condiciones naturales, la geografía física del territorio, el suelo, el clima y la respuesta del cultivo al agua. Los modelos para este tipo de análisis utilizan información cualitativa, multivariada y precisa; tanto territorial como puntual, que representa objetos continuos en el espacio tridimensional.

Según Hutchinson (2001), la historia reciente de transferencia de tecnología en el área de informática ha sido grande; con la incorporación de microcomputadores en casi todos los sectores de negocios, investigación, en el gobierno, la iniciativa privada y en general en la vida de las personas. En contraste, la adopción de tecnologías de información para recursos naturales, que están basadas en tecnología de computadores, ha sido más lenta de lo que se esperaba. En particular, aunque disponible en varias formas en los últimos 20-25 años, el uso de tecnologías aliadas a los sensores remotos por satélites y SIG, para agricultura y manejo de los recursos naturales, ha sido más lento.

En general las aplicaciones de SIG en Cuba para el manejo de recursos naturales han estado encaminadas a la utilización como sistemas de cartografía y diseño: empleándose poco su capacidad de modelación y análisis, lo que denota en la mayoría de los casos, desconocimiento de sus posibilidades reales (Blanco, 1996; Martín *et al.*, 1998 y (Garea, 2003).

Este atraso es atribuido a la inercia burocrática, la resistencia a cambios, la falta de disponibilidad de equipos y personal calificado, o a la falta de una comparación que muestre una ventaja clara sobre métodos convencionales de recolección, almacenaje y análisis de informaciones de recursos naturales. Muchos han argumentado que las aplicaciones de los sensores remotos y los SIG están dirigidas con el deseo de demostrar la tecnología; en lugar de resolver problemas reales en la recolección, manipulación y análisis referenciado por Hernández (2005).

Dangermond (1986) y Tan y Shih (1990) plantean que los métodos tradicionalmente usados para almacenar y analizar los datos que tengan expresión geográfica de referencia son usualmente engorrosos, lentos y de una precisión dudosa; ya que dependen en gran medida de la experiencia del especialista que los analiza. En cambio, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) pueden proveer una mayor eficiencia al constituir una conveniente herramienta para el monitoreo, cartografía y clasificación del uso de la tierra, permitiendo un mejor uso de los recursos y una alerta rápida de los procesos de degradación.

Con la aparición de los SIG se produjo una revolución en las ciencias que trabajan con datos georreferenciados, debido a su capacidad de gestión para resolver problemas, relacionar datos de diferente tipo y contestar de manera inmediata a variadas preguntas sobre un territorio (Rotmans, 1996). De acuerdo con Ponce *et al.*, (1999), los SIG constituyen un factor de integración tecnológica sin limitar el campo de aplicación de las otras tecnologías; siendo a la vez portadores de características propias como la superposición de mapas, el álgebra y la modelización espacial.

Los modelos de manejo o respuesta obtenidos para un sitio puntual pueden extenderse a una planeación regional (Lal *et al.*, 1993). Al combinar los Sistemas Soporte de Toma de Decisiones, que contienen varios modelos de cultivo, con el SIG, pueden obtenerse excelentes resultados en el análisis regional de productividad del cultivo. Para generar todo el trabajo combinado de estos sistemas es necesaria una base de datos georreferenciada que incluya la respuesta del cultivo en diferentes condiciones, para simular y obtener un modelo integral; considerando la variabilidad espacial de las condiciones de suelo, clima y mejoramiento. Así, los SIG abordan la variabilidad espacial, mientras que con los modelos se cubre la variabilidad temporal.

Los SIG han sido utilizados, entre otros, por (Mc Kenzie, 1990) y (Hernández, 2005) en el análisis de grandes volúmenes de información gráfica y relacionar para evaluar productividad en áreas cañeras.

En Cuba, Vidal *et al.*, (1997) hicieron un interesante análisis de la variabilidad temporal, para un período de 20 años, de los contenidos de salinidad del suelo, la profundidad y la mineralización de las aguas subterráneas en 6 992 ha de la Empresa “Antonio Finalet”, de la costa norte de Villa Clara, utilizando el SIG cubano TELEMAT. López *et al.*, (1998) realizaron la caracterización de áreas bajo riego de la Empresa de Cultivos Varios Nueva Paz, en La Habana, empleando los SIG: TELEMAT y MAPWARE.

## **2.8 Diagnóstico, una herramienta para el perfeccionamiento de los sistemas agrarios.**

Desde años anteriores investigadores como Gutiérrez y Hernández (1991) en Perú, emplearon el método de inventario y descripción con entrevistas informales, además de la caracterización del suelo y los pastos así como el sistema de producción para evaluar los factores limitantes. (Salinas *et al.*, 1991), aplicaron etapas metodológicas de diagnóstico como: sondeo, análisis de información secundaria, delimitación del área de estudio, elaboración y aplicación de encuestas a productores para el diagnóstico estático.

Existen diferentes métodos para la realización de diagnósticos como el Rural Rápido, Rural Participativa, El sondeo y explorativo (FAO, 2000), y recientemente entre otros, se ha extendido en América latina, la forma de trabajo campesino-campesino, el cual incluye su forma propia de diagnóstico de agricultores, el método a usar se debe adoptar a las condiciones donde se aplique (García, 1999 citado por Lores, 2009).

La utilización de métodos participativos en las investigaciones agrarias es una corriente de reciente introducción en la ciencia, pero que ha alcanzado importantes resultados y según (Ríos, 2006), estos se fundamentan en la participación de los actores en todo el proceso de elaboración y conducción de los proyectos hacia el acercamiento a la sostenibilidad (Gianella y Chávez, 2003) enfatizan que su principio fundamental es “aprender haciendo” y su enfoque didáctico, se centra en no dar respuestas, sino en enseñar a descubrirlas.

Se señala que existen más de 700 metodologías participativas en el mundo, en América Latina las más conocidas y utilizadas son: Development Education Leadership Teams (DELTA), Diagnóstico Rural Participativo (DRP), Diagnóstico Rural Rápido (DRR), Investigación Acción Participativa (IAP), Investigación y Extensión en Sistemas Agrarios (IESA), Investigación Participativa Agrícola (IPA), Evaluación Rural Participativa (ERP), Rapid Rural Systems Appraisal (RRSA), Evaluación Rápida de Sistemas de Información y Conocimiento (ERSICA) o “RAAKS” por sus siglas en inglés y Sondeo Rural Participativo (SRP). Estas metodologías destacan la multidisciplinaridad y el aprendizaje acumulativo. (Chambers y Guijt, 1995; Gianella y Chávez, 2003).

Las técnicas participativas contribuyen a que los miembros de la comunidad expresen sus problemas, intereses y prioridades y que al mismo tiempo, participen en las diferentes etapas del proceso de desarrollo y control de los recursos (FAO, 2004).

En Cuba se documentan los beneficios productivos, económicos, ambientales y sociales tangibles, al comparar los Faros agroecológicos y las tecnologías agroecológicas utilizadas, con las unidades donde se aplican dichas técnicas y se destaca la experiencia

y cultura adquirida en el diagnóstico, diseño de sistemas agroecológicos y la conducción y evaluación de proyectos con el uso de metodologías participativas (Pérez, 2003).

El objetivo del diagnóstico en cada zona es lograr entender la disposición de las partes agrícolas y verificar si las diferentes categorías de agricultores implementan o no sistemas de producción diferentes. A menudo la explotación agrícola es autónoma y dispone de un centro de decisión único, pero las condiciones socioeconómicas pueden limitar o influir en esta autonomía (González, 2013).

Este autor plantea que en Cuba, la aplicación de diversas técnicas de diagnóstico ha ganado auge en el sector agropecuario. (Garcés, 2006) desarrolló un diagnóstico agroecológico en tres fincas agrícolas ganaderas de pequeña y mediana escala, ubicadas en el municipio cabecera de Las Tunas para caracterizar los sistemas de producción caprina y definir de forma participativa las limitantes socio-económicas y los indicadores que puedan ser manejados por los propios agricultores que le permitan evaluar la funcionalidad tecnológica de las fincas y la sostenibilidad de sus producciones mediante encuestas participativas entre los productores primarios y sus familiares para determinar la magnitud de las relaciones entre los indicadores seleccionados así como, la influencia de cada uno en la tipificación de las fincas.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS.

#### 3.1 Caracterización del territorio.

##### 3.1.1 Ubicación del área experimental.

El trabajo se desarrolló en el período de febrero 2018 a marzo 2020, en áreas productivas de la UEB Limones, perteneciente a la Empresa Pecuaria Iván Rodríguez, ubicadas en el Consejo Popular Vilorio del municipio Niceto Pérez, al suroeste de la provincia Guantánamo.

El área experimental es una prioridad definida por la Delegación Provincial de la Agricultura, en coordinación con Recursos hidráulicos, por la necesidad de recuperar la ganadería, aprovechando el agua disponible en la presa La Yaya mediante la derivadora Guanta. Esta se extiende en una superficie total de 489,78 ha, localiza entre las coordenadas 159,300-162,500 de latitud Norte y 659,000- 664,400 de longitud Este, de la hoja cartográfica 5176- III-b a escala 1:10 000, limitando al norte con la derivadora Guanta, al este con el Río Guantánamo, al sur con áreas de la UEB Limones, al oeste con áreas de la Empresa Iván Rodríguez.

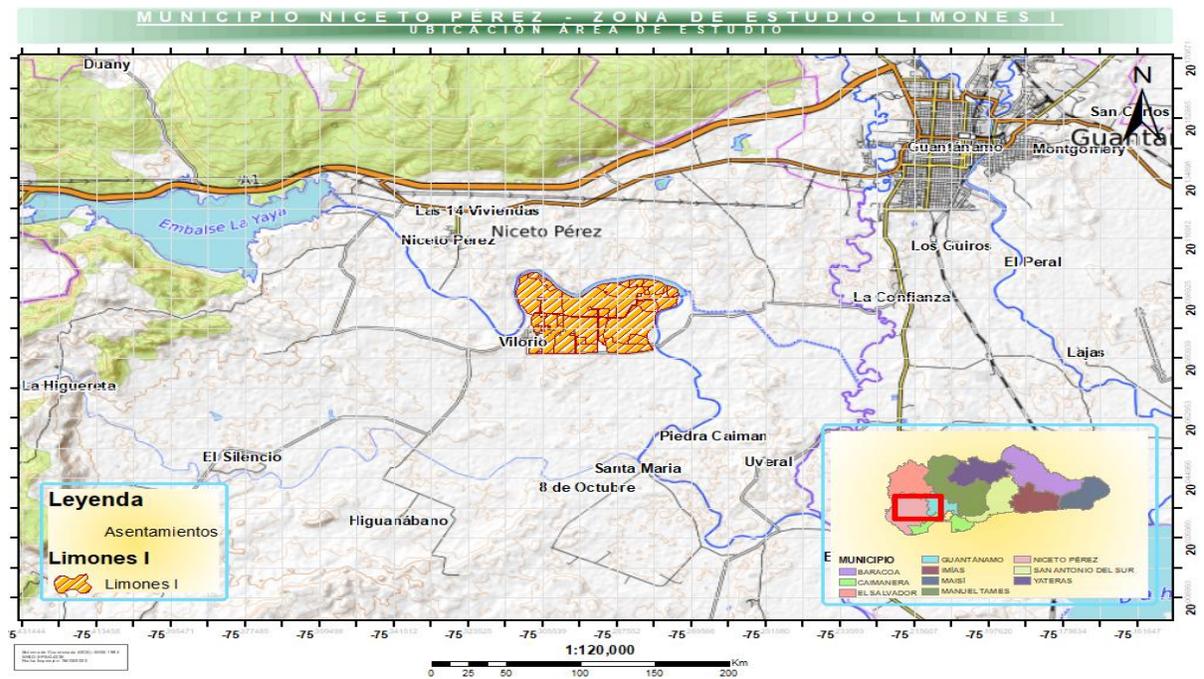


Figura 1. Mapa de ubicación del área de trabajo.

### **3.1.2 Diagnóstico del territorio.**

Para facilitar la caracterización del área de estudio se realizó un diagnóstico, donde la toma de datos fue mediante inventarios y el empleo de técnicas participativas; utilizando el método de encuesta y entrevista, aplicada a trabajadores y directivos de la Empresa y unidad de base UEB Limones, se lograron diferentes indicadores o variables que permitieron identificar la problemática existente y realizar la propuesta de soluciones en aras de recuperar la agrobiodiversidad del ecosistema en dicha zona ganadera. Se efectuaron recorridos al campo para determinar por el método de la observación, las variedades de pasto y forraje, además del estado técnico del sistema de riego según recomendaciones de (Braun-Blanquet, 1964) y (Venegas, 2004b).

La encuesta aplicada se encaminó a realizar una caracterización de la biodiversidad en la zona 1 de la UEB Limones de la Empresa Pecuaria Iván Rodríguez.

Las variables evaluadas con esta herramienta estuvieron basadas en los indicadores de fuerza de trabajo, condiciones climáticas, condiciones edáficas, uso de la tierra, beneficio del riego, cultivo, indicadores de la producción y económicos, según lo indica el anexo No. 1.

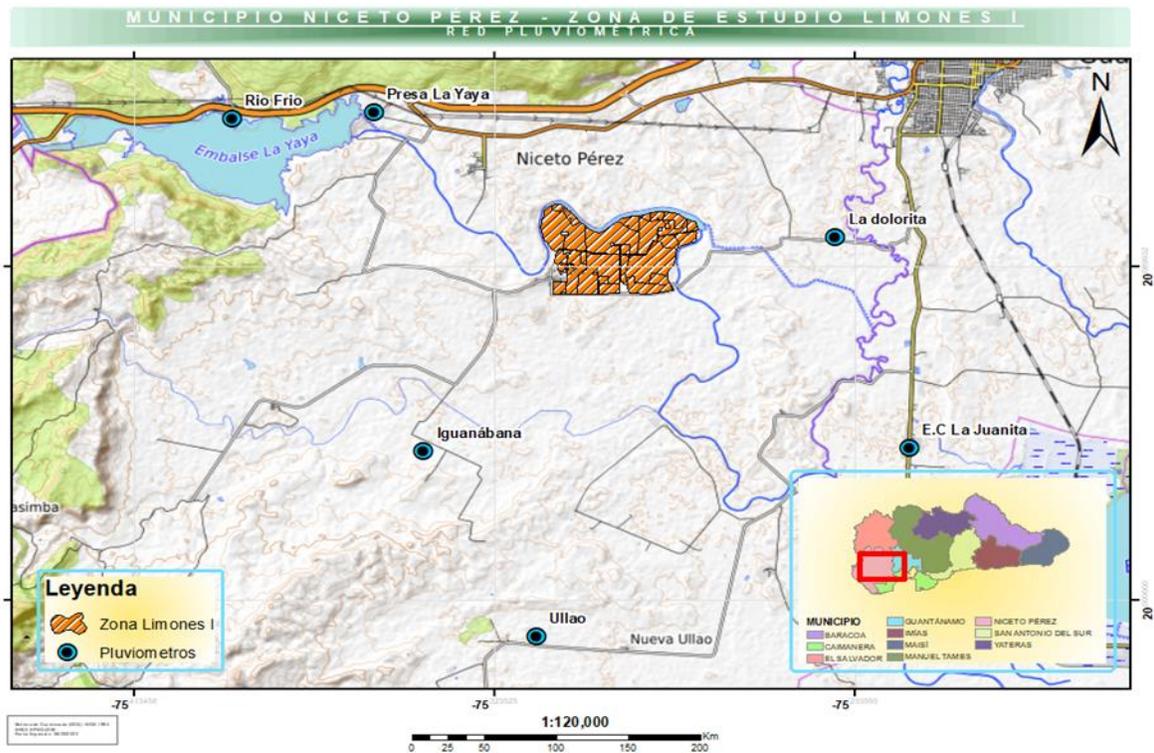
### **3.1.3 Datos de suelos.**

El recurso suelo fue caracterizado a partir del estudio genético existente en la Provincia Guantánamo, (Mapa de suelos escala 1:25 000, 1990), siguiendo la metodología establecida por el Ministerio de la Agricultura (1982) y el manual para la confección del mapa nacional (Ministerio de la Agricultura, 1976), aplicando la Clasificación Genética (Instituto de suelos, 1975) y una correlación con la Nueva Versión de la clasificación de suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 2015). Los estudios detallados se realizaron utilizando la escala de trabajo 1:10 000.

### **3.1.4 Precipitaciones.**

Se procesaron los datos correspondientes a las seis estaciones pluviométricas más cercanas del área de estudio, pertenecientes a la Red Nacional de Estaciones

Meteorológicas del Instituto de Meteorología (INSMET) con el método estadístico de la media aritmética figura 2.



**Figura 2. Mapa de ubicación de la red pluviométrica.**

Antes de procesar la base de datos de las seis estaciones pluviométricas en una serie de 30 años concernientes al período (1989-2018), fue preciso realizar un análisis de calidad en la información, de acuerdo a lo sugerido por la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 1992). Para este fin se usaron los programas de computación MAPINFO, ARGHIS y EXCEL.

Para determinar las precipitaciones medias se consideraron los métodos de promedio aritmético y se aplicó el procesamiento más preciso que es el de las Isoyetas, obteniendo con este último el mapa de las isolíneas o isoyetas.

1. Método de las Isoyetas, este consiste en una línea curva que une los puntos que tienen igual valor de precipitación, en este sentido es análoga a las curvas de nivel.

El procedimiento para el cálculo es el siguiente:

- Por facilidad se puede partir de los triángulos construidos en el método de los polígonos de Thiessen. Este plantea que se debe tener en cuenta el valor de precipitación en cada uno de los pluviómetros.
  - Se asume que la precipitación varía en forma lineal entre uno y otro pluviómetro, es decir sobre la línea que los une se puede trazar a intervalos regulares la curva que hace falta.
  - Se grafican las isoyetas.
  - Se calcula el área formada por dos isoyetas consecutivas.
2. Método del promedio aritmético, la lluvia media para la región se determina como el promedio de las medidas de los pluviómetros que están ubicados dentro de ella. Este método se utiliza cuando los pluviómetros se distribuyen uniformemente en la cuenca y las variaciones en las medidas son muy bajas, es decir cuando la dispersión (desviación estándar) con respecto a la media no supera el 10%. Se calcula por la siguiente ecuación.

$$P = \sum P_1 / n$$

donde, P es la precipitación promedio en la cuenca o región (mm), P<sub>1</sub> es la precipitación en cada uno de los pluviómetros y n, es el número de pluviómetros ubicados en la cuenca.

### **3.2 Software para la planificación y manejo del riego.**

#### **3.2.1 Programa de ordenador para planificar y manejar el riego.**

La utilización del programa profesional CROPWAT permite realizar una planificación del agua de acuerdo a las necesidades del cultivo y las posibilidades de la técnica de riego utilizada, permitiendo la toma de decisiones para proponer un manejo adecuado en el suministro de agua a las plantas.

#### **3.2.2 Cálculo de la evapotranspiración de referencia (Eto) .**

La evapotranspiración de referencia fue calculada con el método de Penman-Monteith utilizando el programa CROPWAT en su Versión 8, reportado por (Smith, 1992); donde

se selecciona en el menú principal del programa la opción para el cálculo de la Eto mediante Penman-Monteith.

La ecuación combinada de Penman-Monteith se puede utilizar para el cálculo directo de la evapotranspiración de cualquier cultivo, pues la resistencia superficial y aerodinámica son específicas para cada cultivo (Allen *et al.*, 2006). Esta ecuación permite obtener la evapotranspiración de grandes extensiones uniformes de vegetación. La mayoría de los parámetros son medibles y pueden calcularse fácilmente de datos meteorológicos.

La ecuación combinada de Penman-Monteith:

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)}$$

Donde:

Rn= Radiación neta (MJ m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>)

Ra= Radiación extraterrestre (mm día<sup>-1</sup>)

G= Flujo del calor en el suelo (MJ m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>)

T=Temperatura media del aire a 2 m de altura (°C)

U2= Velocidad del viento a 2 m de altura (m s<sup>-1</sup>)

es= Presión de vapor de saturación (k Pa)

(es – ea)= Representa el déficit de presión de vapor del aire (k Pa)

Δ= Densidad media del aire a presión constante (kg m<sup>-3</sup>)

C = Calor específico del aire. (MJ kg<sup>-1</sup> °C<sup>-1</sup>)

Δ= Pendiente de la curva de presión de vapor de saturación (k Pa °C<sup>-1</sup>)

∂= Constante psicométrica) (k Pa °C<sup>-1</sup>)

Con este método se obtienen valores más consistentes del consumo de agua de los cultivos, debido a que toma en cuenta un mayor número de variables climáticas en comparación con otros métodos.

### **3.2.3 Entrada de los datos climáticos.**

La información climática obtenida por una serie hiperanual de 30 años, fue solicitada al CITMA, para su procesamiento a partir de una base de datos registrada en la Estación Meteorológica de Guantánamo No. 78368, perteneciente a la Red Nacional del Instituto de Meteorología de Cuba (INSMET), ubicada en la zona suroeste (SW) de la ciudad, en las coordenadas 165 350 Norte y 667 350 Este, a una altura de 55 msnm.

Los valores mensuales de los elementos climáticos: temperatura media del aire, humedad relativa, velocidad del viento y brillo solar, introducidos como base de datos del CROPWAT, se corresponden con los reflejados en la tabla 4.

### **3.2.4 Cálculo de las necesidades de agua.**

Las necesidades de agua se determinaron por la diferencia entre la evapotranspiración del cultivo (ET) y la lluvia aprovechable.

### **3.2.5 Entrada o recuperación de la Eto y las precipitaciones.**

El CROPWAT permite que la Eto pueda ser introducida directamente, calculada por cualquier método (por ello se prueban los métodos), o recuperada de cálculos anteriores. Un procedimiento similar se sigue con las precipitaciones, las cuales fueron introducidas manualmente al igual que la Eto.

### **3.2.6 Cálculo de la precipitación efectiva.**

El CROPWAT propone cuatro métodos para el cálculo de la precipitación efectiva. La lluvia aprovechable se determinó por el método de porcentaje fijo según a ecuación siguiente, en este caso el 70%, dado que ese valor es el promedio obtenido en investigaciones realizadas en el territorio nacional (Hernández, 1992), utilizando el CROPWAT 8.0 se realizó el análisis geoestadístico a las precipitaciones.

$$Pe=K \times P$$

Donde: K Fracción fija de cero a uno (0,70) y P Precipitación total.

La determinación del análisis probabilístico de las precipitaciones se realizó por el método expuesto por (Smith, 1992), donde se determinó la precipitación del año medio seco (75% de probabilidad), así como su distribución.

### 3.2.7 Datos del cultivo.

Con relación a los cultivos fueron consideradas tres fases que comprenden todo el proceso de desarrollo, respecto a los coeficientes de cultivo (Kc) para el King Grass (*Pennisetum purpureum*) fueron obtenidos por (Allen *et al.*, 1998), Pereira y Allen (1999) y Herrera (2008) y en el Pasto estrella por (Allen, *et al.*, 2006) en estudios de FAO. La profundidad máxima del sistema radicular entre (0,50 y 1,0 m) para pasto y forraje respectivamente, del mismo modo la altura máxima es de 0,30 - 0,70 m.

**Tabla 1 Valores del coeficiente de cultivo Kc en pastos (FAO 56) y en King Grass (Herrera 2008).**

<b>Pasto Estrella</b>				
<b>Kc inicio</b>	<b>Kc medio</b>		<b>Kc final</b>	<b>Kc promedio</b>
0,40	0,90		0,85	0,72
<b>King Grass</b>				
<b>Época/Corte</b>	<b>Kc inicio</b>	<b>Kc medio</b>	<b>Kc final</b>	<b>Kc promedio</b>
E-F	0,36	0,37	0,48	0,40
M-A	0,80	1,07	0,48	0,78
M-J	0,53	0,78	0,58	0,63
J-A	0,55	0,88	1,29	0,91
S-O	0,55	0,88	1,29	0,91
N-D	0,36	0,77	0,48	0,40

El coeficiente de cultivo Kc, indica que su mayor valor (0,9-1,07) está en correspondencia con la fase de desarrollo, siendo lógico ya que en esta etapa hay mayor crecimiento y necesidad vegetativa (Basantes, 2010).

### 3.2.8 Datos de los suelos.

La textura se determinó por el método de boyucos; la densidad aparente, por la técnica del cilindro de volumen, la infiltración, por los anillos infiltrómetros y la capacidad de campo por el método de la plazoleta de inundación.

Se establecieron diferentes medidas de conservación de los suelos comenzando con la carga animal empleada por hectárea, correspondiente a 1,2 UGM/ha, teniendo en cuenta la categoría agroproductiva de los suelos.

Lp: Límite Productivo y PMP: Porcentaje de Marchitez Permanente (50% de la CC).

El límite productivo (Lp) se determinó por el 75% de la capacidad de campo (CC) y porcentaje de marchitez permanente (PMP) es el 50% de la CC en suelos medios. La humedad obtenida por el método gravimétrico arrojó valores entre 150 y 210 mm/m. El agotamiento inicial de la humedad del suelo permisible oscila entre 0,5 y 1,5 m, determinados por la relación existente entre la humedad útil y la humedad aprovechable con un valor del 75% de la humedad total utilizable del suelo, tomado de (Hernández, 2005). La tasa máxima de infiltración de la precipitación tiene un valor que está en correspondencia con el promedio de la velocidad de infiltración estabilizada entre 1- 2,3 mm/día, determinada en el laboratorio. La profundidad radicular en el Pasto Estrella es 0,25 m y en King Grass 0,30 m (Batista, 2013).

### **3.2.9 Programación del riego.**

Con relación a la opción de cuándo se debe regar, u opción de frecuencia, se seleccionó el denominado riego óptimo; específicamente lo que indica que se ha llegado al nivel crítico de la humedad fácilmente utilizable del suelo. En lo referente a la opción de la cantidad de agua a aplicar se llevó la humedad del suelo a capacidad de campo. Ello corresponde a la humedad del suelo agotada en la zona de las raíces y en segundo lugar riego racionalizado, al 70% de la norma, para su utilización en casos de restricción de agua, siendo tomado este valor de los resultados obtenidos en investigaciones realizadas en el país por (Herrera, 2010).

Por otro lado, es válido señalar que se realizaron las corridas del programa en las tres fases de desarrollo del cultivo: inicial, media y final.

### **3.3 Técnica de riego.**

Para la selección de la técnica de riego se utilizaron los criterios de (Pereira y Trout, 1999) basado en el tipo de suelo, relieve, capacidad de infiltración, disponibilidad de agua

del suelo, valor de la producción, costo de la mano de obra y energía, suministro del agua, exigencia en tecnología y cultivo.

**Tabla 2. Rangos de los parámetros para la selección de las técnicas de riego (Hernández, 2006).**

Técnica	U/M	Goteo	Gravedad	Aspersión	Máquinas
Pendiente	%		0,2 – 0,6	≤ 1,0	≤ 2,0
Velocidad de infiltración	mm/h		5 - 50	50 - 100	50 – 100
Mnp bruta	m <sup>3</sup> /ha			< 500	< 500
Velocidad del viento	m/s			< 3,0	3 – 5
Profundidad efectiva	cm		35 - 50		
Microrrelieve	m <sup>3</sup> /ha		≤ 150		
Mineralización del agua de riego	g/l	≤ 1,0	≤ 1,0	≤ 1,0	≤ 1,0
Salinidad del suelo	dS/m	≤ 1,9	≤ 1,9	≤ 1,9	≤ 1,9
l <sub>c</sub>	d	< 15	≥ 15	< 15	< 15
Fuente de abasto			Superficial		
Profundidad agua subterránea	m		> 2,0		

### 3.4 Procesamiento de la información climática.

Para el análisis de la serie histórica de las lluvias registradas en los seis pluviómetros cercanos fue necesario determinar los datos faltantes mediante la utilización del paquete estadístico SPSS versión 21,0 para Windows y, se determinó el porcentaje que representaban los casos válidos entre los posibles con ayuda del procesador Microsoft Office Excel 2010. El completamiento de los mismos se realizó a través del método de las medias aritméticas.

Los programas computarizados empleados para el cálculo de las precipitaciones y elaboración de mapas son: MAPINFO, ARCGIS, AUTOCAD, ARCVIEW y EXCEL.

### 3.5 Digitalización y confección de mapas.

Los mapas temáticos (catastro especializado, de suelos y cartográfico) a escala 1:25 000 fueron digitalizados utilizando la herramienta AUTOCAD 2016, georreferenciando en todos los casos toda la información según la Proyección Cónica Conforme de Lambert, Sistema Cuba Sur. Luego se importaron desde un Sistema de Información Geográfica

(SIG) para procesar las imágenes, empleando los Software ARCGIS, versión 8,3 y MAPINFO.

Con la digitalización de las curvas de nivel, se procedió a la confección del mapa de elevaciones, utilizando las bondades que brinda el SIG, procediendo de igual forma con los mapas de salida. En función de los parámetros de selección de técnicas de riego y drenaje definidos en este trabajo, se procedió a programar los algoritmos utilizando Visual Basic. Empleando el módulo de interface implícito en el SIG, le fueron asignados a la zona uno de Limones los diferentes atributos; para generar de esta forma los mapas de técnicas de riego. Luego se procedió a la superposición de diferentes mapas para obtener nuevas informaciones relativas a la relación existente entre regiones climáticas, isoyetas de precipitación, requerimientos hídricos, técnicas de riego y drenaje.

El Sistema de Información Geográfica de conjunto con el software aplicado, fue un soporte importante para la planificación científica del uso y manejo de los recursos hídricos y las tecnologías de riego, drenaje y mejoramiento de suelos, permitiendo una alerta rápida de los procesos de degradación relacionados con el riego; como la salinización, la pérdida de la fertilidad de los suelos, y los riesgos de inundación.

### **3.6 Factibilidad económica.**

La evaluación económica financiera consideró el valor de inversión de todas las acciones descritas para la propuesta de riego; período que transcurre en cinco (5) años y se calculó con una base de datos procesada en hoja Excel y la aplicación del programa computarizado CEMISOFT XPRESPRO+DESKTOP V-4,0 del año 2012 para WINDWS NT.

Se detallan en estos años los costos e ingresos que se generan con los incrementos productivos anuales relacionado al año base (2018), es decir los aumentos productivos relacionados con la entrada en explotación de la inversión evaluada.

Todos los análisis se relacionaron con la siguiente concepción:

- Moneda convertible: incluye el pago sólo en CUC
- Moneda nacional: CUP

Base de cálculo

1. El precio de la carne es un valor en función de peso vivo del animal lo que define su calidad igual a 5633 \$/t.
2. El precio de leche está en función de la calidad igual a 4,5 \$/L.
3. Los precios de leche y carne son aprobados por el Consejo de Ministros. Acuerdo No. 7734. Decreto No. 300 "Facultades para la aprobación de precios y tarifas", del 11 de octubre de 2012, en el Artículo 1.
4. El 98 % de la producción total de leche se destina a la Industria y el 2% al autoconsumo.
5. El 100 % de la producción de carne se destina a la Industria.

Las informaciones procesadas respondieron a las estadísticas y nuevas consideraciones de las instalaciones del área de estudio: una vaquería, un centro de desarrollo, un destete y centro de novilla, en base a los siguientes indicadores:

- Ingresos brutos(\$) = Ingresos totales – Gastos fijos
- Gastos totales(\$) = Gastos fijos + Gastos variables totales
- Flujo de caja (\$) = Ingresos totales - Gastos totales
- Gastos/ ha (\$/ha) = Gastos totales/ total ha
- Gastos/vaca(\$/vaca) = Gastos totales/ total vacas
- Ganancia /ha (\$/ha) = Flujo de caja / total ha
- Ganancia / vaca (\$/vaca) = Flujo de caja / total vaca
- Relación beneficio costo(\$) = Ingresos brutos / Gastos totales
- Costo kg de leche (\$) = Gastos totales/ volúmenes de producción

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 4.1 Análisis del diagnóstico.

Resultó imprescindible el diagnóstico inicial, donde se entrevistaron el 90% de los trabajadores de la zona 1 en la UEB 7 Limones, para conocer el punto de partida desde diferentes ángulos y determinar los avances a los que se llegó para suplir las necesidades hídricas de los pastizales, utilizando tecnología de riego eficiente que permita la protección del medio ambiente y los recursos naturales disponible en la unidad.

#### 4.1.1 Situación actual del área de estudio.

Se dedican al desarrollo de la ganadería en la zona 1 de Limones 489,78 ha, con un 88,7% para pastoreo y un 0,31% de forraje. En la tabla 3 se muestran los indicadores que caracterizan la situación actual del territorio evaluado como: uso de la tierra, tenencia, rebaño, la carga animal, rendimiento e indicadores productivos y económicos.

**Tabla 3. Resumen del diagnóstico.**

No	Indicadores	U/M	Cantidad
1	Forma de producción	-	Estatal
2	Unidad de producción	-	UEB Limones
3	Fuente de abasto	-	Río Guantánamo (Derivadora Guanta)
4	Pastos predominantes	-	Guinea ( <i>Panicum maximum</i> ), estrella ( <i>Cynodon nlemfuensis</i> ), bufell ( <i>Cenchrusciliaris</i> ), mulato (Bursera Simaruba) y natural ( <i>Dichanthiumcaricosum</i> , <i>Dichanthium annulatum</i> y <i>Paspalumnotatum</i> )
5	Forraje cultivado	-	King Grass ( <i>Pennisetum purpureum</i> )
6	Forma de explotación de la masa	-	Pastoreo extensivo
7	Sistema de pastoreo	-	Continuo
8	Drenaje interno del suelo	-	bueno
9	Cantidad de trabajadores	U	12
10	Hombres	U	11
11	Mujeres	U	1
12	Salario promedio en la vaquería	\$	500,00
13	Salario promedio otras unidades	\$	250,00
14	Vacuno	Cbz	421
15	Raza de bobino	-	Siboney de Cuba
16	Vacas en ordeño	Cbz	61
17	Équidos	Cbz	16
18	Cabezas totales	Cbz	437

19	Áreas de pastoreo	ha	434,5
20	Áreas de forraje	ha	1,5
21	Producción fundamental leche	MI	6458,5
22	Producción de carne	t	13,1
23	Importe por leche	MP	291,0
24	Importe por carne	MP	186,0
25	Litros por vaca	l/v	2,9
26	Vacas en ordeño	Cbz	61
27	Nacimientos	Cbz	51
28	Hembras en reproducción	U	85
29	Rendimiento en pasto	t ha <sup>-1</sup>	20,3
30	Rendimiento de forraje	t ha <sup>-1</sup>	23,2
31	UGM Total	Cbz	280
32	Carga Global	UGM ha <sup>-1</sup>	0,5

En las condiciones actuales el área de estudio está integrada por cuatro instalaciones que son: vaquería No. 9, centro de desarrollo, de novillas y el destete, que en su conjunto disponen de un total de 437 cabezas; para un 96,3% del bovino y 3,7% corresponde a los équidos con 16 cabezas, equivalentes a 280 UGM, lo que representa una carga global 0,5 UGM ha<sup>-1</sup> (tabla 3), logrando alcanzar producciones anuales de 6 458,5 miles de litros de leche, con un rendimiento de 2,9 L/vaca y 13,1 t de carne en pie, indicadores con cifras inferiores al potencial productivo de la unidad de base, causado por la ausencia de tecnologías, incluyendo el acuartonamiento, cría artificial de terneros, ordeño mecanizado, carencia de maquinaria para la producción de pasto y forraje, además de la ausencia de sistema de riego.

Del mismo modo Batista (2013) con una disponibilidad de 98 cabezas y 27 vacas en la UBPC “La Esperanza”, ubicada en el poblado “La Clemencia” perteneciente al Consejo Popular Argeo Martínez, del municipio Manuel Tames, Provincia Guantánamo, evaluó la reestructuración de los pastos y forrajes para incrementar los rendimientos de leche de 8 250 a 32 850 L en un año y en carne de 5,2 a 9,5 t.

Para la superficie total, la fuerza laboral está representada por 12 trabajadores, el 91,6% del sexo masculino, con 11 hombres y el 8,3% lo constituyen las féminas, lo que demuestra el bajo nivel de incorporación de la mujer a la actividad agropecuaria que se desarrolla en la unidad, este aún constituye un importante desafío, lograr una mayor participación de ellas en la esfera agropecuaria, tanto en la actividad productiva como en

la directiva, según (Ríos, 2011; 2012 y 2014), esto se debe a varios factores como: tradición, peso de las labores domésticas y subestimación, además se plantea por la dirección del organismo que favorecer la igualdad de género es una meta asumida por la dirección de cuadros del MINAG, quedando como evidencia en la Estrategia de Género del Sistema de la Agricultura.

Con este propósito el enfoque de Género y Desarrollo (GED) incorporó el término empoderamiento de las mujeres, a fin de propiciar los cambios y condiciones para que descubran e incrementen sus capacidades de autoestima y valoración, de influencia, eficacia política y liderazgo en la vida pública, reconociendo los triples roles que desempeñan (reproductivos, productivos, y de gestión comunitaria).

Gamboa, (2019), plantea que la igualdad de género favorece el desarrollo de indicadores económicos-sociales en los diversos puestos laborales y en la sociedad en general. Las mujeres son agentes económicos fundamentales que generan prosperidad, empleo, innovación constituyendo un potente motor para el desarrollo. Su inclusión en el mercado laboral, además de avanzar en su autonomía económica, conduce a otras oportunidades, recursos y bienes que llevan a una movilidad social que beneficia a su familia, la comunidad y la sociedad. En la medida que aumenta el número de mujeres al empleo aumenta necesariamente la economía. Por tanto el aprovechamiento del talento femenino reporta beneficios al estar en sintonía con un mercado de consumo más orientado provechosamente por la creatividad de género. Existen estudios que han demostrado que el ascenso de mujeres a cargos relevantes toman decisiones con mayor rigor y son más inversionistas en temas de investigación, innovación, tecnología, avances sociales y reducción de transacciones financieras de alto riesgo que los hombres. No por gusto se espera que para 2020, la fuerza económicamente activa del mundo contará con cerca de mil millones de mujeres (Díaz 2019).

El pastoreo utilizado es el continuo, según Valerio *et al.*, (2010) en esta se emplea baja carga, se sobre o subpastorean las áreas y provoca frecuentemente el agotamiento de las reservas radicales y muerte de las plantas ya que se mantienen los animales todo

el tiempo en un solo potrero, de ahí su baja efectividad para lograr producciones significativas de leche.

El total de los suelos en uso ganadero presenta condiciones óptimas para esta actividad, por presentar un relieve llano y buen drenaje interno, los factores climáticos son desfavorables por tener una elevada evaporación y bajas precipitaciones, todas en secano, condiciones desfavorables para el desarrollo de los pastos y forrajes, según (Murillo *et al.*, 2014), las condiciones óptimas para el desarrollo de estos son temperaturas altas, de alrededor de 32 °C, y precipitaciones superiores a 1 501 mm, resultados obtenidos en el caribe seco colombiano, logrando producciones de hasta 20,6 t/MS/ha, aprovechando la reserva de humedad del suelo (secano), valores inferiores a lo indicado por (Stobbs, 1978) y (Rosabal, 2013), donde plantean que la disponibilidad diaria por animal en los pastos tropicales debe estar entre 35 y 55 kg de MS/animal/día, para que sea utilizado alrededor del 40-45% y no decline la producción de leche.

Se corroboró que existen afectaciones ambientales generadas principalmente por la sequía, en sus tres formas: meteorológica, agrícola, hidrológica y socioeconómica, fenómeno que incide negativamente en el desarrollo de las actividades pecuarias, el peligro Integrado Agro-Meteorológico durante el período poco lluvioso, caracteriza el área como severo y en el lluvioso entre moderado y severo, siendo más representativo este último, el peligro de sequía hidráulica es bajo, con un índice de 1,24 y un bajo índice de vulnerabilidad de 0,435. La clasificación del peligro, la vulnerabilidad y el riesgo de desastre por intensa sequía es medio con un índice de dos (INRH, 2013).

Los pastos y forrajes se cultivan en condiciones de secano con rendimientos de materia seca de 20,3 y 23,2 t/ha respectivamente, resultados que coincide con lo planteado por Oquendo *et al.*, (2005) y Batista (2013), donde expone que cultivados como forraje, con los cuidados establecidos el King Grass puede alcanzar hasta 23,29 t/MS/ha al año y el pasto estrella de 11,7 t/ha en el municipio Manuel Tames, Provincia Guantánamo, lo que corrobora los rendimientos logrados en estos cultivos sin riego, y en períodos secos en la UEB Limones en el municipio Niceto Pérez. En tal sentido, Herrera (2010) plantea que para el desarrollo de la ganadería

vacuna el incremento de la producción de pastos y forrajes es un elemento de primer orden.

Los datos que generó el diagnóstico indican que la masa ganadera posee un genotipo definido, por lo que los animales clasifican dentro de la raza Siboney de Cuba, constituida por un cruzamiento formado por 5/8 de Holstein y 3/8 de Cebú, dando lugar a animales que son resistentes al medio ambiente del territorio y las potencialidades productivas que poseen son bajas, tanto en leche como en carne.

#### **4.1.2 Resultados de la caracterización climática del área de estudio.**

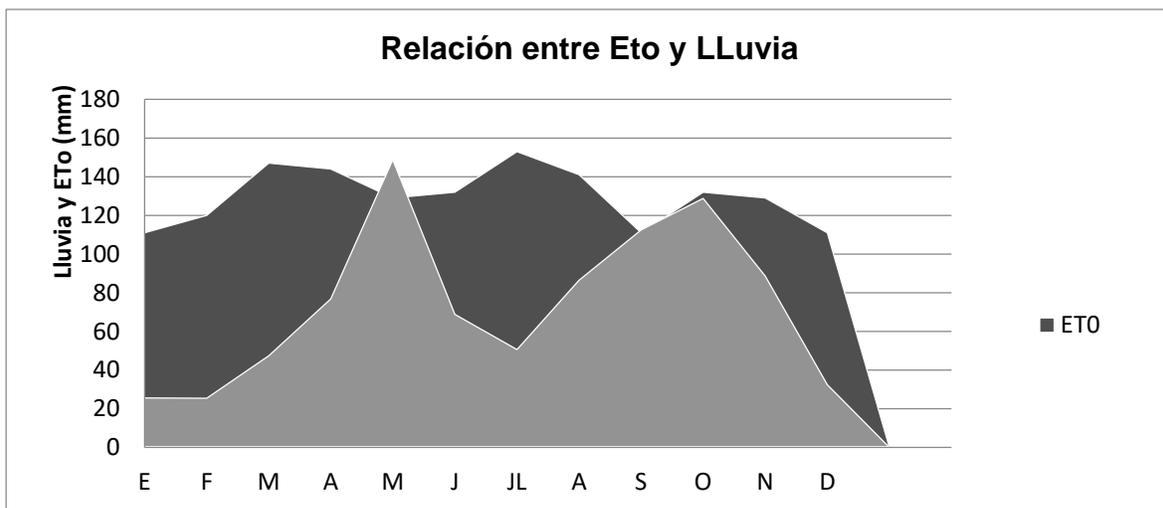
El municipio Niceto Pérez, a pesar de su reducida extensión, presenta dos tipos de climas, según la clasificación de Koppen: hacia el Sur y Sudeste presenta un clima Semidesértico (Bs) y en el resto del municipio es Tropical de Sabana (Aw).

En el valle de Guantánamo, dada la presencia de altas tasas de evaporación y baja pluviometría, los valores de evapotranspiración de referencia ( $ET_0$ ) está muy ligada a factores climáticos locales y su fluctuación anual presentó un aumento en marzo y abril, con 4,9 y 4,8 mm/día, con relación a los restantes meses, alcanzando su máximo valor en julio con 5,1 mm/día, (figura 3) esto coincide con los mayores valores de insolación y velocidad de los vientos.

Luego se produce una disminución de la misma descendiendo hasta 3,7 mm/día en el mes de diciembre, siendo este y enero los meses con menor evapotranspiración. Se observa de igual manera un comportamiento irregular en la distribución anual de las precipitaciones, presentándose dos picos fundamentales, uno en abril-mayo-junio, correspondiendo a la primavera y un segundo en el período agosto-noviembre; Hernández, (2006), en un estudio de la distribución espacial de las precipitaciones en la zona cañera del Valle de Guantánamo, obtuvo que las irregularidades obtenidas en la distribución de la lluvia, fueron atribuidas a la topografía del lugar, que condiciona la influencia de los vientos que siguen, en ocasiones, cursos algo erráticos, al flanquear las

diferentes elevaciones que existen en el área, influenciando marcadamente el comportamiento de su dirección y velocidad.

Esto se corrobora con los resultados obtenidos por Álvarez *et al.*, (2012) en el Instituto de Ciencia Animal en La Habana, donde muestra que los meses de mayor precipitación entre los (120 – 260 mm) están comprendido en el período de mayo – octubre, coincidiendo este comportamiento con las máximas producciones de pastos tropicales (1,5- 3) t/MS/ha/mes.



**Figura 3. Relación evapotranspiración de referencia-lluvia en la zona de estudio.**

Por otro lado, condiciones climáticas similares las podemos encontrar en el Caribe seco colombiano, donde hay muestra de una reducción de disponibilidad del forraje causado por la existencia de precipitaciones entre 600 y 1500 mm, incidiendo negativamente en las producciones de leche y carne con un bajo desempeño reproductivo de los hatos (Murillo *et al.*, 2014).

El resultado de las precipitaciones medias se logró aplicando el método de las Isoyetas, por su precisión en el procesamiento de los datos y trazado de las isolíneas de igual precipitación (Figura 4). Cuando ellas discurren paralelas, la precipitación media del área comprendida entre cada dos curvas es la semisuma de los valores de éstas. Se obtuvo el mapa a partir de un sistema de información geográfica (SIG), mediante la interpolación por Kriging, donde las curvas obtenidas están espaciadas cada 10 mm, con valores comprendidos desde 930 -1 040 mm. Las restantes variables climáticas se relacionan en

la tabla 4, tales como temperatura máxima, media y mínima, humedad relativa, velocidad de viento, insolación y radiación solar.

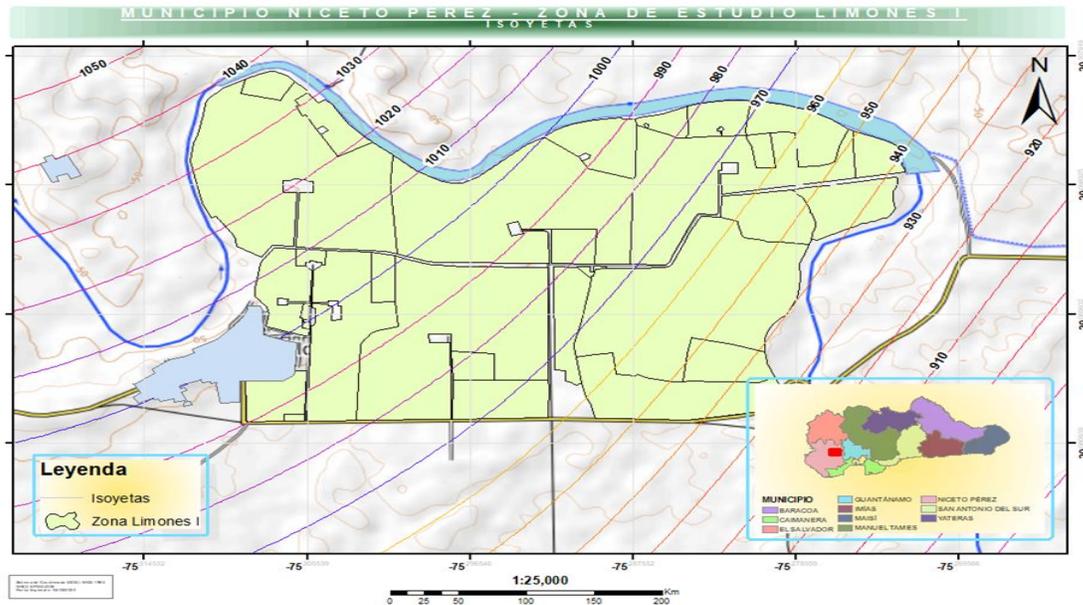


Figura 4. Mapa de Isoyetas.

Tabla 4. Datos Climáticos de una serie de 30 años de la Estación Meteorológica La Juanita, 55 m de altitud, 20° 8' N y 75° 32' E.

Mes	Temperatura del Aire (° C)			Humedad Relativa (%)	Evaporación promedio por días (mm)	Velocidad del viento (m/s)	Insolación (h/día)	Radiación Solar (h/día)
	Min.	Med.	Máx.					
Enero	18,6	24,0	30,7	69,9	4,7	2,5	7,7	5,9
Febrero	18,6	24,2	31,2	67,5	5,1	2,5	7,7	6,4
Marzo	19,3	24,8	31,7	65,9	6,0	2,7	8,2	7,7
Abril	20,6	25,8	32,5	67,8	6,1	2,6	8,3	7,9
Mayo	21,7	26,4	32,6	72,6	5,2	2,4	7,8	7,5
Junio	22,7	27,5	33,6	72,5	5,4	2,5	7,2	8,3
Julio	23,0	28,0	34,6	69,3	6,0	2,6	7,5	8,5
Agosto	23,1	27,8	34,6	72,2	5,7	2,2	7,4	8,9
Septiembre	22,7	27,1	33,9	76,3	4,6	2,1	6,9	8,4
Octubre	22,4	26,5	32,7	78,1	5,4	2,3	6,8	7,6
Noviembre	20,9	25,5	31,7	74,8	5,5	2,2	7,7	7,2
Diciembre	19,6	24,6	31,0	71,8	4,4	2,2	7,9	6,8
Total	21,1	26,0	32,6	71,6	5,4	2,4	7,5	7,5

La temperatura media anual es de 26 °C, alcanza los máximos valores en los meses de junio a septiembre, elementos que justifican la alta tasa de evaporación para este

período, la humedad relativa promedio es de 71,6%, obteniendo los mayores valores en los meses de septiembre a octubre y mínimo de 65,9% en el mes de marzo.

La radiación solar logra sus mayores valores en los meses de julio y agosto, correspondiendo estos con los meses de mayor temperatura, con valores de radiación que van desde 8,5 a 8,9 horas/día. A modo de resumen el comportamiento de estas variables permiten definir el clima según la clasificación de (Koppen, 1936), citado por (Fernández *et al.*, 2005) como un **clima Tropical de sabana**, donde las precipitaciones medias anuales registradas varían entre 753 – 1 083 mm, con un valor promedio anual histórico de 892,3 mm, valor inferior a la media nacional 1 375 mm y con una evaporación anual de 1 957,4 mm por año, encontrándose en al menos un mes, precipitaciones por debajo de 60 mm como promedio de la serie histórica estudiada.

Corroborando lo planteado por (Ramírez JL *et al.*, 2017). El clima sin lugar a dudas afecta la producción de forrajes, con mayor influencia en aquellos ecosistemas degradados como los de la región oriental de Cuba, donde las precipitaciones disminuyen tan marcadamente en el período poco lluvioso, la búsqueda de soluciones llevó a obtener resultados de diferentes clones de *Cenchrus* con tolerancia a la salinidad y a la sequía.

El mismo autor refiere que en la provincia Granma y en especial en el Valle del Cauto estos aspectos cobran mayor relevancia debido a la calidad de los suelos, las altas temperaturas, bajas precipitaciones y agrosistemas degradados.

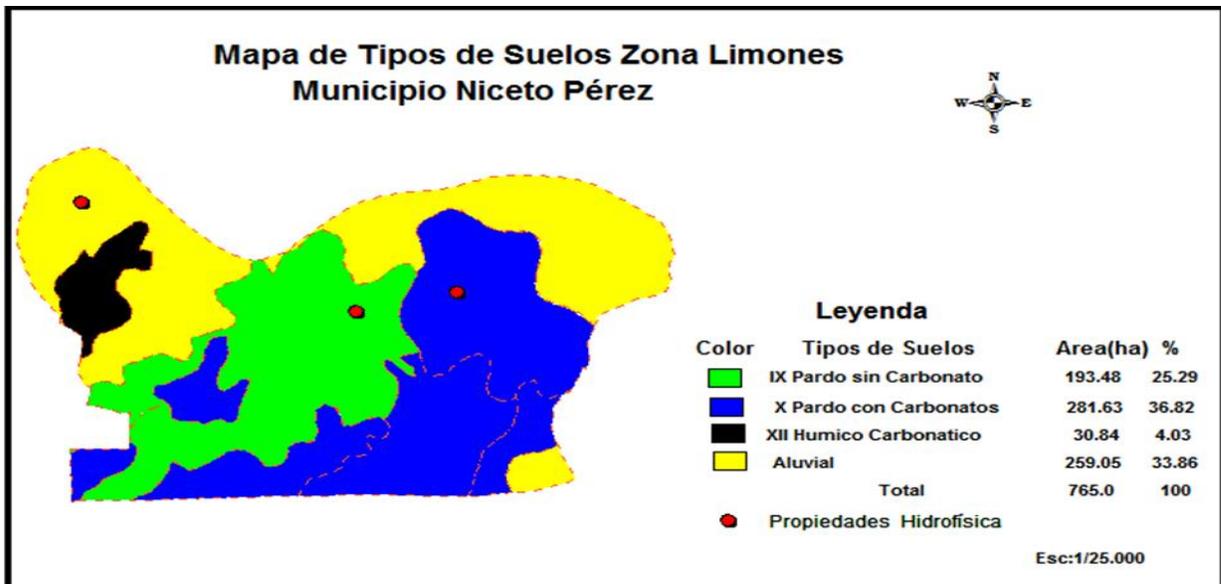
(Ramírez JL *et al.*, 2010) en sus investigaciones muestra que bajo las mismas condiciones climáticas de escasa precipitaciones con valores inferiores a 800 mm en el período lluvioso, la especie *Brachiaria decumbens* alcanza rendimientos de 6,06 tMS/ha a las nueve semanas. Estos mismos autores, señalaron valores de hasta 12 tMS/ha a los 90 días de corte para la *Brachiria hibrido vc Multato*, en las mismas condiciones de precipitación, temperatura y humedad, resaltando la diferencia entre las épocas del año, lo que demuestra la relación directa del clima con la producción de los forrajes.

Con respecto a la velocidad del viento esta varía desde 2,1 – 2,7 m/s, variable climática clasificada de vital importancia para la explotación de sistemas de irrigación a presión, dado los valores de uniformidad que se obtienen en las plantaciones. Se observan valores a considerar entre los meses de marzo y abril, superando los 2,5 m/s, valores que según (Lamelas, 2008), en estudios realizados en plantaciones de caña de azúcar para condiciones climáticas similares en el Valle de Guantánamo, con la técnica de riego por aspersión de alta carga, obtuvo valores de uniformidad por debajo del 55%, recomendando la suspensión del riego en estos meses en el horario diurno.

Los valores de insolación van desde 6,8-8,3 horas/día, con máximos de 8,2 - 8,3 horas/día en los meses de marzo y abril. Estos ejercen influencia directa en la radiación solar, similares resultados publicaron (Herrera *et al.*, 1985), citado por (Sosa *et al.*, 2012), en condiciones de campo, en la región occidental del país, para el cultivo King Grass, los que indicaron que en esta época del año se produce el mayor consumo, atribuyendo este comportamiento a la mayor insolación y velocidad de los vientos de estos meses.

#### **4.1.3 Caracterización edáfica del área de estudio.**

Los estudios detallados a escala 1:10 000, muestran la existencia de cuatro tipos de suelos (figura 5), donde los más representativos son los Pardo sin carbonato y con carbonato, Pardo mullido y húmico sin y con carbonato, según la clasificación propuesta por (Hernández *et al.*, 2015), con un 25,29% en 410,76 ha y un 36,82% en (281,63 ha) respectivamente, seguido de los Aluviales (fluvisol) con el 33,86% en 549,96 están los Húmico carbonatico representados en 65,46 ha para un 4,03%.



**Figura 5. Mapa de suelo.**

Los suelos Pardo sin carbonato presentan colores que van desde pardo rojizo pasando a un pardo amarillo rojizo, la profundidad oscila alrededor de los 38 cm, de mediana humificación (2–4%), de mediana a fuerte erosión, la textura en termino generales son las denominadas ligeras, predominando la arcilla loamosa, la pendiente es de ligeramente ondulada (2,1-4,0%) a ondulada (4,1-8,0%), predominando la última, encontrándose sobre la formación geológica San Luis compuesta por areniscas silíceas, de buen drenaje. El pH en Cloruro de Potasio (Clk) se evalúa de neutro (6,6), la Capacidad de Intercambio Catiónica es calificada de alta (44,8 Cmol.Kg<sup>-1</sup>). La elevación capilar es de 193 mm/h y la higroscopicidad con un comportamiento medio de 6,6% de suelo seco al aire y la conductividad eléctrica es menor de 0,71 ds.m<sup>-1</sup> clasificado como no salino.

Los parámetros hidrofísicos muestran valores medios de 1,34 g/cm<sup>3</sup> para la densidad aparente en los primeros 30 cm que la clasifican como media, con una capacidad de campo de 35,70% evaluada de mediana y velocidad de infiltración catalogada como moderada (23 mm/h).

Los suelos Pardo con carbonato son de color pardo pasando a pardo amarillento, con una profundidad que fluctúa desde 22-50 cm, medianamente humificado (2-4%), de fuerte erosión, la textura es ligera predominado loam arcillo arenosa, la pendiente es ligeramente ondulada (2,1 – 4%), sustentado sobre la formación geológica San Luis

compuesta por areniscas calcáreas y drenaje bueno. Presenta un pH en cloruro de potasio (Clk) calificado de neutro (6,9) a ligeramente alcalino (7,2), la capacidad de intercambio catiónica es evaluada de alta (34,8 Cmol.Kg<sup>-1</sup>), la elevación capilar y la humedad higroscópica se evalúan de media con valores de 222 mm/h y 6,9% respectivamente y la conductividad eléctrica menor de 0,71 ds.m<sup>-1</sup> evaluado como no salino.

La densidad aparente (Da) presenta valor de 1,33 g/cm<sup>3</sup> calificada de baja en el primer horizonte, disminuyendo los valores a la profundidad 21-30 cm alcanzando la evaluación de muy baja. La Capacidad de campo (Cc) es de 33,05% evaluada de mediana y la velocidad de infiltración es de 55 mm/h catalogada como moderada.

Los Aluvial Diferenciado son de color pardo claro amarillento, con una profundidad de 76 cm, mediana humificación (2– 4%), poco erosionado, textura loam arenosa, con pendiente clasificada de casi llana (1,1-2,0%), sustentado sobre la formación geológica Río Macío, compuesta por materiales transportados carbonatados y drenaje bueno.

El pH en Cloruro de Potasio (Clk) se comporta de ligeramente alcalino (7,3) en todo el perfil del suelo. La Capacidad de Intercambio Catiónico oscila desde 33,93-36,48 Cmol.Kg<sup>-1</sup> Evaluada de alta, mientras, la Elevación Capilar es evaluada de alta (305-395 mm/5 h) y higroscopicidad seca al aire de baja (5,4%), conductividad eléctrica menor de 0,71 dsm<sup>-1</sup> valorado como no salino.

La densidad aparente (Da) presenta valor de 1,32 g/cm<sup>3</sup> calificada de mediana, aumentando ligeramente los valores con la profundidad. La Capacidad de campo (Cc) es de 350 % con valores similares en todo el perfil del suelo, evaluada de mediana y la velocidad de infiltración es de 26 mm/h catalogada como moderada.

Los suelos Húmico Carbonático son de muy poco profundos (< 25 cm) a poco profundos (38 cm), predomina un alto contenido de materia orgánica (4,5%), la erosión fluctúa de mediana a fuerte, la pendiente se mantiene estable evaluada de ondulada (4,1- 8,0%), generalmente estas áreas presentan drenaje bueno, sustentados sobre caliza suave. No se evaluaron las características físicas porque esta área no se incluye en la propuesta de riego.

Teniendo en consideración la caracterización de suelo anterior y considerando el objetivo de la presente investigación como se considera de gran interés las características hidrofísicas de los suelos por su significación en el cálculo de las necesidades hídricas de los cultivos.

En sentido general, los suelos existentes en el área de estudio presentan condiciones adecuadas para el desarrollo de la ganadería avalados por sus características (fertilidad, pendiente, entre otros), aunque para alcanzar altos resultados productivos se deben considerar factores como manejo animal, condiciones climáticas, prácticas culturales y factores sociales, culturales y políticos (Lok, 2005).

Estos resultados permiten que se desarrollen de manera satisfactoria y en condiciones óptimas estos cultivos de pastos y forrajes, en suelos pardo con y sin carbonato, (Herrera, 2010 y Sosa, 2012) plantean que el King Grass es el cultivo más extendido en el país para la producción pecuaria como alimento animal, esta especie a pesar de su resiliencia a la sequía, posee un alto potencial de respuesta al riego en suelos con similares características físicas en cuanto a capacidad de campo (39%) y densidad aparente ( $1,27 \text{ g/cm}^3$ ), por lo que ocupa un lugar primordial en los planes de producción de forraje en nuestra región.

## **4.2. Propuesta de soluciones de riego y necesidades hídricas del cultivo.**

### **4.2.1 Determinación de las necesidades hídricas.**

- **En Pasto Estrella.**

El comportamiento de los elementos del régimen de riego por tipos de suelo se observan en las tablas 5 y 6, para el caso de suelos pardos con carbonatos se obtiene un valor total anual de evapotranspiración de 1 545,3 mm (4,23 mm/día), siendo el período de corte mayo-junio, el que mostró los mayores valores de evapotranspiración con 290,5 mm/corte, equivalente a 4,84 mm/día, obteniendo los valores mínimos de consumo en la época enero-febrero, con 208,2 mm/corte, equivalente a 3,47 mm/día, similares resultados publicó, Huamán, (2005), estimando los requerimientos hídricos en cuatro pastos en la región el Zamorano, Honduras y en condiciones climáticas muy similares,

donde obtuvo valores de Etc de 4,56 mm/día en el ciclo completo del Pasto Estrella, y valores de 3,28; 5,28 y 5,14 mm/día por fases de desarrollo del cultivo.

Con respecto a la distribución del requerimiento hídrico en las distintas fases de desarrollo de los pastos, Murillo-Solano *et al.*, (2014), plantean que se observa de forma general la misma tendencia, con valores bajos al inicio de la etapa de crecimiento, altos durante la fase de máximo crecimiento y una disminución al final de la época de crecimiento si se siembra en agosto.

El promedio de riego por cortes obtenido es de 10 para ambos tipos de suelos con un intervalo de 6 y 7 días, con normas parciales netas de 261,1 y 274,7 m<sup>3</sup>/ha, e hidromódulos de 1 y 1,1 L/s/ha en suelos pardos con carbonato y sin carbonato respectivamente, similares resultados fueron obtenidos por Sosa *et al.*, (2012), en el cultivo King Grass, donde utilizando CROPWAT obtuvo que el cultivo necesita entre 7 y 8 riegos y un hidromódulo de 0,85 L/s/ha.

Plaza (2004), en Honduras, citado por Sosa *et al.*, (2012), a una altitud de 800 m.s.n.m, y trabajando con lisímetros encontró valores promedio de ETcultivo semanales (cortes a 21 días) de 43,9 mm/semana para el Pasto Mulato y de 41,7 para Andropogon, lo cual significaría valores anuales de 1 584 mm y 1 501 mm para el pasto mulato y Andropogon respectivamente. Como puede observarse en el presente trabajo, en las tablas 5 y 6, los valores obtenidos de evapotranspiración del cultivo son muy similares (1 545,3 mm anuales), corroborando lo reportado por estos autores, donde le atribuyen estos altos valores de consumo a la forma de crecimiento de estos tipos de gramíneas, las cuales cubren totalmente el suelo, lo que implica una mayor superficie para la transpiración y por tanto una mayor capacidad evapotranspirante, según señalan Allen, *et al.*, (2006).

Álvarez, (2019), en un estudio de la variación de los períodos de crecimiento para tres pastos tropicales, bajo los efectos del cambio climático, obtuvo para el Pasto Estrella valores de Etc de 1 300 mm/año, (3,56 mm/día), valor inferior al alcanzado en el presente trabajo, lo que se le atribuye a las condiciones climáticas adversas presentes en el valle de Guantánamo (altas tasas de evaporación y baja pluviometría) ver tabla 3.

**Tabla 5. Elementos del régimen de riego por período de corte en suelos pardo con carbonatos.**

Período de corte	Etc (mm)	Etc (mm/d)	Demanda de riego (m <sup>3</sup> /ha)	Número de riego	Intervalo de riego (días)	Norma Parcial neta	Hidromódulo (l/s/ha)
E-F	208,2	3,5	189,7	8	8	261,1	0,86
M-A	244,9	4,1	228,8	9	7	261,1	1,00
M-J	290,5	4,8	192,3	11	5	261,1	1,18
J-A	284,8	4,7	69,1	11	6	261,1	1,14
S-O	251,8	4,2	107,1	10	6	261,1	1,02
N-D	265,1	4,4	215,3	10	6	261,1	1,08
Total	1545,3	4,3		59	6	15 453	1,00

Nota: Se consideraron los cortes de 60 días

**Tabla 6. Elementos del régimen de riego por período de corte en suelos pardo sin carbonatos.**

Período de corte	Etc (mm)	Etc (mm/d)	Demanda de riego (m <sup>3</sup> /ha)	Número de riego	Intervalo de riego (días)	Norma Parcial neta (m <sup>3</sup> /ha)	Hidromódulo (l/s/ha)
E-F	208,2	3,5	189,7	8	8	274,7	0,86
M-A	244,9	4,1	228,8	9	7	274,7	1,00
M-J	290,5	4,8	192,3	11	6	274,7	1,18
J-A	284,8	4,7	69,1	10	6	274,7	1,70
S-O	251,8	4,2	107,1	9	7	274,7	1,02
N-D	265,1	4,4	215,3	10	6	274,7	1,08
Total	1545,3	4,3	-	63	7	17 376	1,1

Por otro lado se muestran las normas parciales netas por épocas para ambos tipos de suelo que van desde 261,1 hasta 274,7 m<sup>3</sup>/ha, obteniendo el período (marzo- abril – mayo – junio) como el de mayor demanda de riego con valores 192,3 a 228,2 m<sup>3</sup>/ha mm. Como se observa en ambas tablas, en los períodos de menor demanda, las normas netas a aplicar según el cálculo de CropWat son inferiores en alrededor de un 50% a la norma de proyecto. Un análisis de lo explicado anteriormente indica, que la utilización de un intervalo fijo como parámetro de cálculo en el programa antes mencionado, conduce

a una sobrestimación en el número de riego en la época de menor demanda, no así en la norma total de riego.

Es válido destacar que los valores obtenidos de la norma de riego neta totales del cultivo (15 405 y 17 306 m<sup>3</sup>/ha) son significativamente superiores a lo indicado en la resolución 17/2020 del INRH, relacionados con el índice de consumo de agua para el riego de los cultivos agrícolas, evidenciando la necesidad de realizar investigaciones del régimen de riego en cada territorio.

- **En King Grass.**

Los resultados del régimen de riego en este cultivo por tipos de suelo se observan en las tablas 7 y 8, para suelos pardo con carbonato se obtiene un valor promedio de consumo de agua en todo el año de 4,0 mm/día, siendo el período de corte mayo - junio, el que mostró los mayores valores de evapotranspiración con 4,84 mm/día (290,5 mm/época), se obtienen los valores mínimos de consumo en la época enero-febrero, con 3,47 mm/día (208,2 mm/época), similares resultados publicó, Sosa *et al.*, (2012), en investigación realizada en la provincia de Granma para el pronóstico del régimen de riego del King Grass, donde el mayor consumo ocurrió en el período de corte correspondiente a la campaña de primavera para marzo-abril.

De igual modo los resultados obtenidos por Herrera, (1984), en la región occidental del país, en condiciones de campo para el cultivo King Grass, indicaron que en esta época del año se produce el mayor consumo atribuyendo este comportamiento a la mayor insolación y velocidad de los vientos en estos meses.

Por otro lado en el sur de La Habana, trabajando con lisímetros, durante tres años Sánchez (1984) encontró; un mayor consumo en la época de julio-agosto, lo que se atribuyó a las mayores temperaturas de la época.

**Tabla 7. Elementos del régimen de riego por período de corte en suelos pardo con carbonatos.**

Período corte	Etc (mm)	Etc (mm/d)	Demanda de riego (m <sup>3</sup> /ha)	Número de riego	Intervalo de riego (días)	Norma Parcial neta (m <sup>3</sup> /ha)	Hidromódulo (l/s/ha)
E-F	208,2	3,5	189,7	4	16	313,3	0,49
M-A	244,9	4,1	228,8	8	7	313,3	1,11
M-J	290,5	4,8	192,3	8	8	313,3	0,97
J-A	284,8	4,7	69,1	11	5	313,3	1,55
S-O	251,8	4,2	107,1	10	6	313,3	1,29
N-D	265,1	4,4	215,3	5	13	313,3	0,60
Total	1 545,3			47	8	14 606	1,00

**Tabla 8. Elementos del régimen de riego por período de corte en suelos pardo sin carbonatos.**

Período de corte	Etc (mm)	Etc (mm/d)	Demanda de riego (m <sup>3</sup> /ha)	Número de riego	Intervalo de riego (días)	Norma Parcial neta (m <sup>3</sup> /ha)	Hidromódulo (l/s/ha)
E-F	208,22	3,5	189,7	4	17	329,7	0,48
M-A	244,87	4,1	228,8	8	8	329,7	1,02
M-J	290,52	4,8	192,3	8	8	329,7	1,02
J-A	284,76	4,7	69,1	11	6	329,7	1,36
S-O	251,78	4,2	107,1	10	6	329,7	1,36
N-D	265,10	4,4	215,3	4	14	329,7	0,58
Total	1 545,3		-	44	8	14 606	0,97

El promedio de riego en cada corte oscila entre 8 y 7 para los dos tipos de suelos evaluados, lo que equivale a un riego semanal, con un intervalo de 8 días para suelos pardo con carbonato y sin carbonato, demanda de riego elevadas en los meses de marzo – abril con 228,8 m<sup>3</sup>/ha, coincidiendo con la etapa de desarrollo del cultivo, según lo planteado por (Fonseca, 1996), al afirmar que la aplicación del riego es más efectiva en el período de máximo crecimiento, por lo que resulta de primera importancia mantener una adecuada humedad en el suelo durante este período.

Las normas parciales netas de 313,3 y 329,7 m<sup>3</sup>/ha, e hidromódulos de 1 y 0,97 L/s/ha en suelos pardos con carbonato y sin carbonato respectivamente, similares resultados fueron obtenidos por Sosa *et al.*, (2012), en el cultivo King Grass, donde utilizando CROPWAT obtuvo que el cultivo necesita entre 7 y 8 riegos y un hidromódulo de 0,85 L/s/ha.

Por otra parte, (Humbert, 1979) consideró que la frecuencia de los riegos depende, entre otros factores, del estado vegetativo del cultivo. A medida que el sistema radicular se extiende a capas del suelo más profundas, el intervalo y la norma a aplicar deben ser mayores.

Del mismo modo Vidal, (2001), citado por Sánchez *et al.*, (2015), sugiere que en dependencia de las condiciones edafoclimáticas, el riego debe establecerse en esta etapa a intervalos más cortos. Todo lo anterior reafirma que el déficit hídrico que presenta el King Grass demanda dos riegos mensuales como máximo, para garantizar la humedad requerida.

#### **4.2.2 Propuesta de técnica de riego en el área de estudio.**

La técnica de riego por aspersión fue seleccionada según los criterios de (Pereira y Trout, 1999), basados en el tipo de suelo y categoría agro-productiva, disponibilidad de agua en el suelo, energía, suministro del agua, exigencia en tecnología, cultivo, demanda de los pastos para el ganado y pendiente de terreno (anexo 4).

Con la propuesta del riego (anexo 4) se benefician las zonas de menor pendiente (0-6%) en una superficie total de 285,5 ha, el riego por aspersión con enrolladores beneficia el 94,6% en 270 ha con un total de 19 máquinas y el menos representativo en 5,43% es aspersión semiestacionario en 15,5 ha, previendo potenciar el 30% de los pastos (mejorados) en 205 ha acuartonadas con cercas eléctricas, y el 100% del forraje (80,5 ha) demandado por los animales de las instalaciones del área de estudio.

El agua será suministrada por una estación de bombeo cercana al Canal Magistral Guanta Derecho en fase de proyecto, por ocho electrobombas con características

específicas de gasto y carga para impulsar el agua hasta los pastizales garantizando un caudal de 350 L/s, equivalente a un volumen de 1,3 hm<sup>3</sup> (Anexo tabla 8). Estos volúmenes dependen, de los niveles de agua embalsados en la Presa La Yaya, en caso de afectaciones por sequía, se aseguran con la proyección hidráulica existente en el territorio; esta consiste en el Trasvase Norte Sur (Toa-Yateras-Guaso), incluida la construcción de la Presa Yateras, con una capacidad de embalse de 200 millones de m<sup>3</sup>.

El sistema de riego está estructurado por una red de tuberías soterradas compuesta por 20 970 m de longitud total, con tuberías principales (TP) y secundarias (TS) de polietileno de alta densidad (PEAD), que representan el 64,4% (13 499 m) y distribuidoras (TD) para un 35,6% (7471 m) de polivinil concentrado (PVC), dimensionadas por diámetros con variación de (400 – 63) mm (figura 6).



**Figura 6. Partes de los sistemas de riego propuestos.**

El riego con enrolladores del tipo Twin 202 y 204 está concebido para trabajar 16 horas en dos posiciones diarias con un cañón de caudal entre 33 y 92 m<sup>3</sup>/h, la presión de trabajo oscila entre 30-40 m, la longitud de la manguera del enrollador varía de 140-250 m y el diámetro entre 90-110 mm.

Como se observa en la figura 6, los elementos que forman el sistema de riego son: el aspersor, hidrante, las tuberías plásticas y el tambor del enrollador; todas en su conjunto proporcionan diversas ventajas según el catálogo de fabricante (2007), como su óptimo desempeño, no necesita mantenimiento, facilidad de manejo, flexibilidad de empleo, retroceso lento, ángulo de trayectoria variable.

Otra de las ventajas de este sistema es el hecho de que en el procedimiento de arranque del aspersor dispersa el chorro y comienza el rociado aún antes de haberse puesto en movimiento el cañón. Esto permite reducir la formación de surcos y la esorrentía. Gracias a la óptima distribución de agua cerca del cañón, no es necesario usar boquillas secundarias. El novedoso sistema de propulsión se adapta automáticamente a cualquier cambio de circunstancia, permitiendo la máxima flexibilidad en el funcionamiento del cañón.

En el sistema autoajutable, el frenado se regula automáticamente a la presión existente, por tanto, la velocidad de rotación del aspersor se mantiene siempre constante, esto es indispensable para lograr una aplicación uniforme del agua y contribuye significativamente al excelente desempeño del aspersor en todo el rango de operación.

Su fácil explotación y amplio uso en condiciones adversas, ha motivado el empleo de esta a diferentes productores que han sido beneficiados con la tecnología de enrolladores o aspersores viajeros en Cuba (Barroso *et al.*, 2015).

Estos sistemas permiten automatizar el riego, humanizar el trabajo, crear nuevo empleo incorporando 14 trabajadores, de ellos 10 operarios a razón de un obrero por cada dos máquinas enrolladoras, dos regadores para el sistema semiestacionario y dos hombres encargados del bombeo.

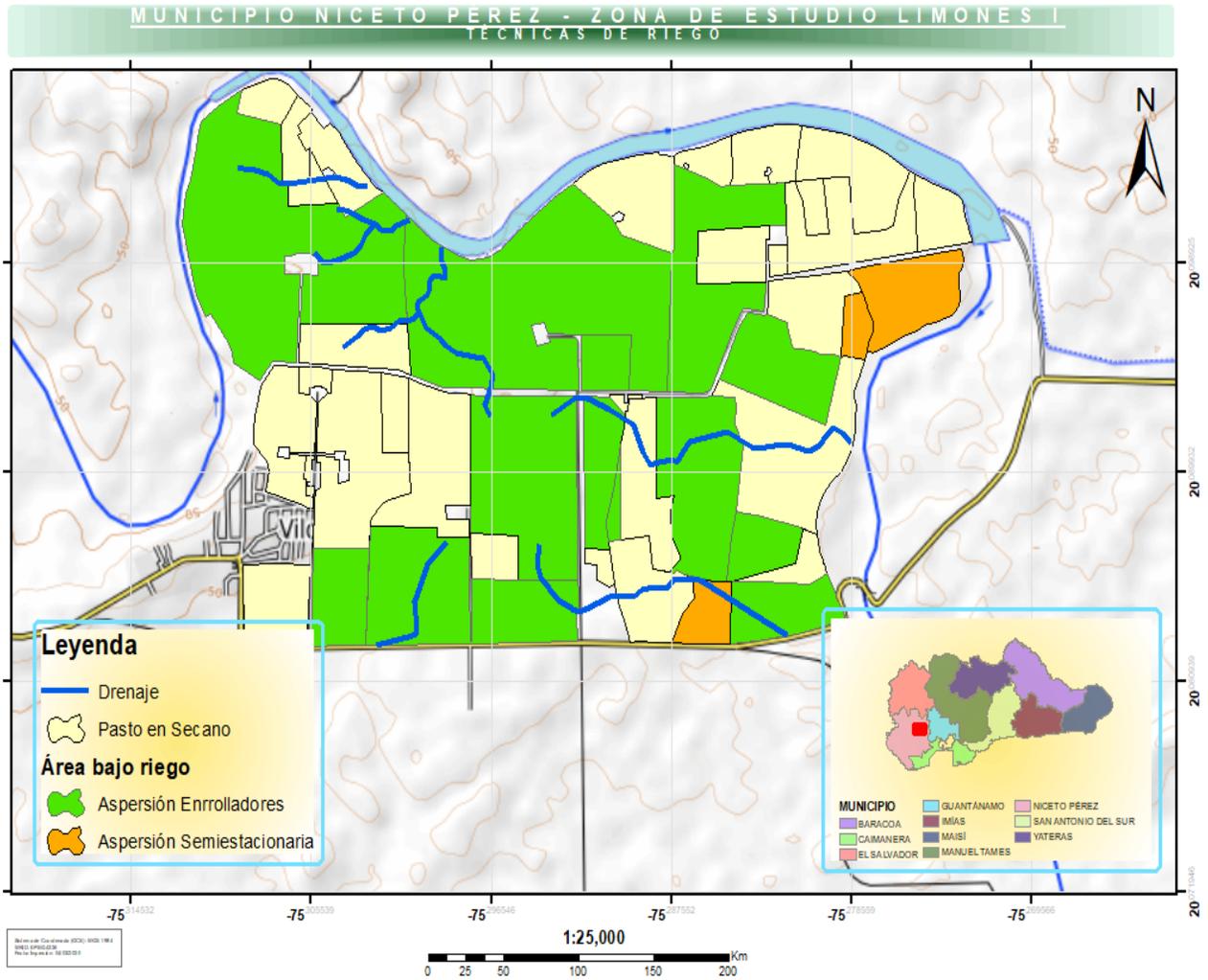
Con la presente propuesta de proyecto, se planifican incrementos productivos de hasta 301 600 litros de leche para un 17,3%, a razón de hasta 10 kg/vaca/día y 10,7 t en pie de carne vacuna con un incremento del 55%.

Estos resultados esperados son similar a los alcanzados por (Lamela *et al.*, 2010), donde en una unidad productiva con similares características y evaluando una asociación de *L. leucocephala*, *Morusalbay Pennisetum Purpureum* CT-115 en condiciones de riego, y

empleando vacas de mediano potencial (Holstein x Cebú), lograron una producción de leche de 10,0 y 9,9 kg/vaca/día para la tercera y la cuarta lactancia, respectivamente.

Por otro lado (Sánchez, 2007) mostró valores similares a los obtenidos en una asociación con *P. maximum* L. *leucocephalacv.* Cunningham de producción de leche y vacas Mambí con bajos niveles de concentrado y 10 kg de suplemento voluminoso en base húmeda durante el período poco lluvioso.

La solución de proyecto se atempera a las reflexiones realizadas por Toledano *et al.*, (2017) referidas al desarrollo local desde un enfoque integral y sistémico, donde debe fomentarse la autogestión local, en la optimización del uso de su potencial endógeno, en la descentralización de decisiones y funciones en temas vinculados con la escala territorial y en el mejoramiento de las condiciones de vida de la población mediante mayores y variadas producciones locales y eficientes sistemas de servicios, ello requiere entre otros, el cumplimiento del principio básico "enfoque integral y sistémico del desarrollo" mediante la actuación armónica sobre las dimensiones institucional, económico productiva, sociocultural y ambiental. Estas cuatro dimensiones inseparables e imprescindibles han estado presentes durante la propuesta de desarrollo realizada en a figura 7.



**Figura 7. Mapa de técnicas de riego.**

### **4.3 Resultados de la evaluación económica de la propuesta de riego.**

Teniendo en cuenta los aspectos económicos evaluados en el presente trabajo se puede decir que los sistemas de riego por aspersión convencional, su costo de inversión es menor, ya que en los sistemas móviles pueden ser utilizados en varios campos para el riego, no siendo así el costo de explotación que es más caro, porque se necesita más mano de obra para el traslado de los componentes de este sistema, lo mismo pasa en los sistemas semifijos y fijos que mientras más parte del sistema se trasladen menos costoso será la inversión, pero más costosa la explotación. Por otra parte en los sistemas de riego mecanizado el costo de inversión es mucho más alto ya que son fijos y se

necesita invertir en gran cantidad de ellos dependiendo del terreno a regar y el costo de explotación es mucho menor ya que se requiere de menos mano de obra.

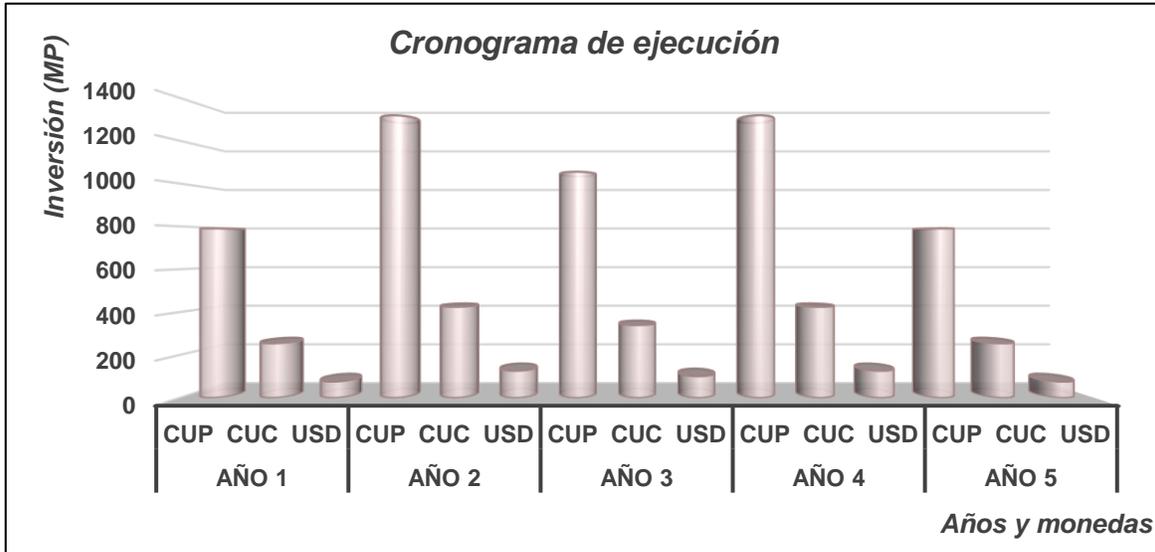
El hecho de que los recursos hídricos a utilizar se hacen cada día más costosos y limitados, unidos a que la rentabilidad de los cultivos extensivos es baja (como es el caso de los pastos y forrajes), hace que cada día se le atribuya mayor importancia a los aspectos económicos en busca de una mayor rentabilidad y eficiencia en los procesos productivos; conociendo además, de antemano, los beneficios que proporciona la utilización de las técnicas eficientes comparados con áreas en seco.

En la tabla 9 se muestran los valores de inversión por componentes para el riego, donde se obtuvo como resultado total un monto de 5 millones 272 mil 400 en CUP y un millón 698 mil 300 en CUC, destinado a las áreas beneficiadas con 19 enrolladores y semiestacionario con un costo 18 467,2 \$/ha.

**Tabla 9. Inversión en los tres componentes para el riego. UM: MP**

Inversión	Total		
	CUP	CUC	USD
Construcción y Montaje	3857,9	303,4	252,3
Equipos	126,2	1297,9	255,0
Otros	1288,3	97,0	0,0
<b>Total</b>	<b>5272,4</b>	<b>1698,3</b>	<b>507,3</b>

El período de ejecución de la inversión está concebido en 5 años, con un porcentaje distribuido entre 15 y 25% cada año (figura 8), la estrategia constructiva permite dar valor de uso y puesta en marcha a las áreas con la tecnología de riego para beneficio de los pastos y forrajes que garantizan la producción de leche y carne; en tal sentido Alburquerque, (2004) plantea que el desarrollo depende de la inversión. Sin embargo, la disponibilidad de estos no es suficiente, ya que pueden dirigirse hacia aplicaciones de carácter improductivo o especulativo. La orientación de los recursos financieros a la inversión productiva depende de otros factores básicos.



**Figura 8. Cronograma de ejecución de la inversión.**

El estudio de los indicadores económicos en los sistemas de producción es de vital importancia para caracterizar las entidades productivas a escala comercial (Cino *et al.*, 2006, citado por Rosabal 2013).

El análisis económico del estudio se relaciona en la Tabla 10 donde los ingresos totales obtenidos en leche y carne alcanzan valores de \$ 1 773 600 ,00 en 285,5 ha, bajo condiciones de riego y cultivares de pastos mejorados, estos superan los obtenidos por (Cruz, 2002) de \$ 52 172,32, en una vaquería comercial de 87 ha de la Empresa Pecuaria Ruta Invasora en la Provincia de Matanzas, donde no se aplicó riego ni fertilización y las especies predominantes fueron pastos naturales (26% de *C. nlemfuensis*).

Este valor de los ingresos puede ser aun superior, si hay un manejo más eficiente en la ganadería que propicie realizar inversiones, ya sea de atenciones culturales al área forrajera (agregar materia orgánica), así como introducir especies arbóreas en el pastoreo, aplicación de fertilizantes, uso de las tecnologías de riego entre otras, esto conlleva a que los gastos sean bajos.

**Tabla 10. Indicadores económicos y productivos que justifican la inversión**

Indicadores	U/M	Año Base 2018	Resultados	Incrementos	% de Incrementos
Inversión básica	CUC/ha	-	5 942,3	-	-
Inversión total	MCUC	-	1 698,3	-	-
Vacas en ordeño	U	61	102	41	59,8
Litros promedios	U	2,9	10	7,1	29,0
Producción de leche contratada	ML	63,3	364,9	301,6	17,3
Producción de carne contratada	t en pie	13,1	23,8	10,7	55,0
Ingresos de producción de carne	MP	68,2	131,5	63,3	51,9
Ingresos de producción de leche	MP	284,9	1 642,1	1357,2	17,3
Gasto de producción	MP	350,6	704,4	353,8	49,8
Ganancia	MP	482,5	1 069,2	586,7	45,1

En correspondencia con el incremento de las vacas en ordeño de un 5,8%, se prevé alcanzar un promedio de 7,1 litros por vacas, resultado similar a los panificados por (Rosabal, 2013) en la vaquería 116 de la granja “Super Vaca” de la Empresa Pecuaria Genética de Matanzas, donde se concluye que la falta de base alimentaria en cantidad y calidad suficiente de pastos, impidieron un adecuado manejo, por lo que se recomienda transformar los pastizales de la unidad con la introducción de un sistema silvopastoril para alcanzar mejor respuesta en la producción de leche.

La leche como principal indicador productivo que representa el 94% de la producción total, con la propuesta de riego en el 100% del área forrajera y el 30% en los pastos cultivados, con tecnología de riego dirigidas a mejorar las condiciones de la naturaleza y con el fin de garantizar la producción de alimentos, logra incrementarse al quinto año de la inversión en 301,6 ML para un 17,3% comparado el año base (2018).

Debe tenerse en cuenta que la clave del éxito de un sistema, está sustentada en el análisis dinámico de los indicadores económicos (tabla 12), lo que lleva implícito su eficiencia sobre la base de los indicadores biológicos de sostenibilidad, los ingresos

esperados por las producciones de leche y carne al quinto año de la inversión son de \$ 1 773 600,00, con ganancia de 3 745,00 \$/ha, valores similares a los informados por (Guevara, 1999), quien obtuvo ingresos totales de \$ 124 067,00 con una ganancia 2 086,00 \$ /ha y Sánchez *et al.*, (2005), lograron una ganancia promedio para los tres años de 2 098,26 \$ /ha.

Cuba, al igual que el resto de los países de Latinoamérica, requiere que en el sector agropecuario se desarrolle una agricultura y una ganadería sostenible, en correspondencia a las exigencias del contexto socioeconómico, productivo y ambiental; además de que ocupen un lugar destacado en el producto interno bruto nacional y que logren satisfacer las necesidades nutricionales de la localidad (Guevara *et al.*, 2005).

#### **4.4 Evaluación del impacto ambiental de la propuesta realizada.**

##### **4.4.1. Impacto ambiental.**

Los procesos constructivos del sistema de riego incluyen redes y conductoras que provocan cambios sobre los sistemas naturales relacionados con el mismo, por que desde el punto de vista ecológico, son actividades técnicas dirigidas a mejorar las condiciones de la naturaleza, con el fin de garantizar la producción de alimentos. De todo proyecto de riego y drenaje se produce de alguna forma de gradación del medio, es por ello que al formular proyectos de desarrollo en riego y drenaje es necesario determinar el nivel aceptable de degradación y proponer las medidas necesarias para mitigar las mismas.

##### **Impactos y medidas de mitigación.**

1. Pérdida de la capa vegetal del suelo durante la construcción de la obra.
  - Restituir la capa vegetal luego de construir las redes, desarrollar medidas de mejoramiento y/o conservación del suelo según las afectaciones, luego de terminados los trabajos de construcción.
2. Contaminación del aire por polvo y emisiones de gases de los equipos.
  - Dar mantenimiento a los equipos a usar para aminorar la emisión de gases tóxicos a la atmósfera.
3. Compactación de los suelos por los movimientos de los equipos.

- Desarrollar medidas de mejoramiento y/o conservación del suelo según las afectaciones, luego de terminados los trabajos de construcción.

#### **4.4.2 Gestión de riesgo.**

Las acciones antrópicas han disparado la susceptibilidad a las inundaciones por intensas lluvias principalmente por la construcción de infraestructuras de viales sin tener en cuenta los drenajes naturales y el gasto de los mismos, zonas rellenas y pavimentadas, al deficiente funcionamiento (e inexistencia en muchos casos) del sistema de drenaje y alcantarillado, la obstrucción de los tragantes existentes o insuficientes para evacuar los caudales máximos que se producen en la zona, sobre todo en la etapa lluviosa, sumideros naturales obstruidos, el tapado de una serie de canales existentes y otros en mal estado, falta de mantenimiento a los canales, la capacidad de evacuación insuficiente de los cauces (nivel de gastos) al ser explotado más allá de su nivel de recuperación (resiliencia) y construcción de espejos de aguas, lagunas, micropresa para la agricultura, acuicultura, ganadería, (tanto estatal como privado), sin los requerimientos técnicos imprescindibles.

El área está clasificada como medianamente susceptible ante inundaciones por intensas lluvias, en una modelación de los factores físicos geográficos del territorio presenta niveles medios de vulnerabilidad económica por afectaciones de fuertes vientos, sobre todo por el considerable aporte a la provincia de su actividad fundamental (la agricultura), por lo cual ahí estuvo concentrado el peso fundamental de este indicador, seguido de la industria y la ganadería.

##### **➤ Peligros.**

Los peligros más recurrentes en el área de estudio pueden originarse con la ocurrencia de sismos ocasionando falla en la cortina de la presa La Yaya y Derivadora Guanta (fuente de abasto) del sistema de riego propuesto, afectando viviendas o instalaciones agropecuarias y parcelas productivas aguas abajo, los huracanes de intensidad pueden provocar inundaciones, estas aguas serán evacuadas por el drenaje natural o canales, la intensa sequía conlleva a la disminución de las precipitaciones y bajo nivel del agua embalsada dando lugar al incumplimiento de la entrega garantizada. En el análisis del

peligro por sequía meteorológica y agrícola integrado, durante el período poco lluvioso (histórico), se obtuvo la categoría de peligro severo.

➤ **Vulnerabilidad.**

La vulnerabilidad parcial que más afecta es la no estructural, aunque existen otros factores que intervienen ante los procesos de sequía en general como son:

1. La población es totalmente dependiente de la autoabastecimiento local.
2. Percepción insuficiente con relación a la sequía.
3. En las instalaciones hídricas predominan los pozos individuales, luego los ríos y, en menor medida, las presas y canales.
4. Amplia superficie agrícola cultivada en secano, lo que afecta en gran medida los rendimientos ante los procesos de sequía.
5. Se desconoce el monto planificado y el nivel de ejecución del presupuesto para la reducción de desastres.
6. Alto número de cabezas de ganado mayor y menor.
7. Durante el proceso inversionista las tuberías plásticas y accesorios en su trasportación pueden ser dañadas, causando la disminución de su vida útil.
8. La estructura de la caseta para la protección de equipos de bombeo debe ser resistente a las vibraciones, sismos y en consideración al peso del equipamiento. La protección de la estación de bombeo se garantiza con un cercado perimetral.

Las vulnerabilidades parciales no estructural y económica, dado entre otros factores por el predominio de instalaciones hídricas más frágiles, son los ríos con entregas históricas y los pozos individuales, la mayor parte de la superficie agrícola se cultiva en secano, debido a la carencia de sistemas de riego.

➤ **Riesgos.**

Entre los riesgos más puntuales para la proyección se pueden mencionar las siguientes: evitar construcciones cercanas al área de inundación de los cauces naturales, la no existencia en el embalse del volumen de agua demandado por el sistema ya que las plantas pueden sufrir estrés hídrico, además en caso de huracanes, retirar los equipos y recursos móviles de los campos.

## **V.CONCLUSIONES**

1. La caracterización evidenció que los parámetros productivos de la ganadería en el área de estudio son bajos, con resultados inferiores a la media obtenida en el territorio guantanamero.
2. Para el Pastos Estrella en las condiciones edafoclimáticas del área de estudio se necesita un promedio de 10 riegos/corte, aplicando norma parcial neta entre 261,1 y 274,7 m<sup>3</sup>/ha, y para el King Grass entre 8 y 7 riegos/corte con norma parcial neta de 313,3 y 329,7 m<sup>3</sup>/ha.
3. Con la tecnología de riego eficiente se demanda un volumen de agua de 1,3 hm<sup>3</sup>, logrando producciones en leche de 364,9 ML y en carne 23,8 t en pie con incrementos en la ganancia de 586,7 MP.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. La Empresa Pecuaria Iván Rodríguez debe prever en sus proyecciones, las inversiones que garantizan la ejecución de la propuesta del riego para aumentar la biomasa forrajera de la UEB “Limonos”.
2. Lograr la generalización de la propuesta de proyecto a las restantes áreas de la Empresa Pecuaria Iván Rodríguez dedicadas a la producción de alimento animal, en correspondencia con los resultados obtenidos en el régimen de riego en la presente investigación.

## VII BIBLIOGRAFÍA

1. Allen, R. G.; Pereira L.; Raes, D.; Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos, 298pp., Estudio FAO Riego y Drenaje No. 56 (Segunda edición). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma.
2. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998 Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrig. and Drain. Paper Boletín No 56, FAO, Rome, Italy, (<http://www.fao.org/docrep/x0490e/xo490e00.htm>).
3. Andriani, J.M.; 2004. Índice de déficit hídrico para cultivos agrícolas. "Para mejorar la producción 27 ", Soja campaña 2003/04, INTA EEA Oliveros, Santa Fe, Argentina.
4. Álvarez & Pérez. (2011). El cultivo intensivo y los procesos de riego. Madrid.
5. Álvarez, A.; Herrera, R.S.; Noda, Aida C.; Díaz, Laisurys 2012 Comportamiento de las precipitaciones en el Instituto de Ciencia Animal en Cuba durante el período 1970-2009, como base para el manejo estratégico de los pastos Revista Cubana de Ciencia Agrícola, vol. 46, núm. 3, septiembre, 2012, pp. 301-307 Instituto de Ciencia Animal La Habana, Cuba, disponible <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193025294013>
6. Álvarez A., (2019) Variación de los períodos de crecimiento para tres pastos tropicales, bajo los efectos del cambio climático. ISSN 0864-0394versión On-line ISSN 2078-8452 Pastos y Forrajes vol.42 no.2. Facultad de Geografía Universidad de La Habana Disponible en <http://orcid.org/0000-0001-7533-3481>. [Consultado 15 de Mayo 2020].
7. Amir, (1998). Lateral longitudinal wetting patterns of very low energy moving emitters. Sprinkler and Trickle Irrigation. The Netherlands.: Complete Version. 70 pp. e1.1 – e12.1. IHE. Delft.
8. Anónimo, (2004). Instituto Nacional de Tecnologías Agropecuarias disponible en [https://www.researchgate.net/institution/Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria 2](https://www.researchgate.net/institution/Instituto+Nacional+de+Tecnología+Agropecuaria+2)
9. Anónimo, (2018). Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria del Gobierno de Aragón, disponible en <http://agmoderna.com.ar/conservar-el-agua>

10. Anónimo, (2019). Banco Mundial disponible en <https://www.bancomundial.org/es/topic/water-in-agriculture>
11. Antúnez, Y. H. (2016). Caracterización de la precipitación efectiva y la evapotranspiración de referencia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Agronomía. Tesis de Diploma. Universidad Central de Las Villas Marta Abreu, Cuba:.
12. Andriani, J.M.; 2004. Índice de déficit hídrico para cultivos agrícolas. "Para mejorar la producción 27 ", Soja campaña 2003/04, INTA EEA Oliveros, Santa Fe, Argentina.
13. Alburquerque, F. Y P. Cortés (2004): Desarrollo económico local y descentralización en América Latina: un análisis comparativo, CEPAL/GTZ, Santiago de Chile.
14. Arcadio Ríos. 2018 Máquinas agrícolas, tracción animal e implementos manuales. Editorial Pueblo y Educación. La Habana.
15. Arcadio Ríos. 2016. La ingeniería agrícola del productor cubano. Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola. La Habana.
16. Bainbridge, D., (2001). Buried clay pot irrigation: a little known but very efficient method of irrigation. *Agricultural Water Management* 48. 79-88.
17. Balonchi, O. y., & Anrique. (1993). Atributos de la pradera que afectan el consumo. y producción de animales en pastoreo. SOCHIPA. Serie de simposios y compendios, 1,23 y 32.
18. Banco Mundial. (2015). // [iresearch. Waldbank. org/Povcalnet/index. htm](http://www.iresearch.Waldbank.org/Povcalnet/index.htm). Obtenido de [http://www.iresearch. Waldbank. org/Povcalnet/index. htm](http://www.iresearch.Waldbank.org/Povcalnet/index.htm).
19. Barceló Coll y otros. 1987. "Fisiología Vegetal". Cap. III. Pág.106-139. Ed. Pirámide. p 823
20. Barroso L., Castañeda E., Rodríguez G., Peña L., Lescaille J., Lozano S., Ramos L., Santiago G M., 2015. Ajuste del riego en el cultivo de allium cepa l. con enrolladores viajeros. Artículo de investigación ISSN: 2007-9559 Revista Mexicana de Agroecosistemas Vol. 2(1): 8-22, 2015
21. Batista, D., 2013 Propuesta de reestructuración de pastos y forrajes en áreas ganaderas de la UBPC "La Esperanza". Trabajo de Diploma En opción al título de Ingeniero en Procesos Agroindustriales, Universidad de Guantánamo

22. Basantes M. 2010. Producción y Fisiología de cultivos con énfasis en la fertilidad de suelo. Quito. Unión.(pp. 32-50)
23. Berdayes, Hilda. 2003 Silvopastoreo con leucaena. Una alternativa cubana. El Habanero Digital:<http://www.elhabanero.cubaweb.cu>
24. Boelens, Rutgerd (2011). "Luchas y defensas escondidas. Pluralismo legal y cultural como una práctica de resistencia creativa en la gestión local del agua en los Andes". Anuario de Estudios Americanos(68, 2), pp. 673 -703
25. Broner, I. (2005). 2005. Irrigation: Irrigation scheduling. Fact Sheet No. 4.708. Colorado State University Extension–USDA. 2 p. <http://www.ext.colostate.edu/pubs/crops/pdf>. Recuperado el 04 de julio de 2008, de [http://www,ext](http://www.ext)
26. Casanova, A. S. (2007). Manual para la producción protegida de hortaliza. Ministerio de la Agricultura. 137. La Habana, Cuba: Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova.
27. Castañón, L. G. (1991). "El riego por aspersión". Madrid. España.: Ediciones Mundi – Prensa. Castelló, 37. 28001.
28. Castro, M.; Águila, F. M.; Quevedo, A. Kleisinger, S.; Tijerina, L.; Mejía, E. (2008). Sistema de riego automatizado en tiempo real con balance hídrico, medición de humedad del suelo y lisímetros. Rev. Agricultura Técnica. México. v.34 No.4. p-11. ISSN 0568-2517.
29. Castilla, N.; E Ferreres1990 "The climate and water requirements of tomatoes in unheated plastics greenhouses", Agr. Med., 120: 270–274.
30. CENHICA: Informe final del proyecto regionalización hidrológica y del balance hídrico para las condiciones de Cuba, 2003.
31. Cisneros, E.; López, Teresa.; Leyva, Aleida.; Placeres, Z. (2011). Consideraciones sobre el servicio de asesoramiento al regante para las condiciones de Cuba. Rev. Ciencias Técnicas Agropecuarias. Vol. 20 No.3. ISSN 2071-0054. p-14.
32. Cino, Delia M. 2006. Alternativa de ceba vacuna en sistemas silvopastoriles con Leucaena leucocephala. Indicadores económicos y financieros. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 40:25 Cipaguata, Matilde. 2000
33. Corbea, L.A.; Hernández, Marta; Machado, R.; Lamela, L. & Cáceres, O. 1996. Variedades comerciales de pastos y forrajes para el desarrollo ganadero en

- Cuba. Resúmenes. X Seminario Científico de Pastos y Forrajes. EEPF "Indio Hatuey", Matanzas. Cuba. p.118
34. Collino D.J., Lopez A.E, Racca R.W., Dardanelli J. And Sereno R., 1997. Effect of soil water availability on water use strategies and dry matter production by two alfalfa cultivars differing in winter dormancy. *Phyton*, 61:45-53.
  35. Cruz, Daysi. 2002. Diagnóstico técnico productivo en una vaquería comercial en la Empresa Pecuaria "Ruta Invasora". Tesis en opción al título de Máster en Pastos y Forrajes. Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"–EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 85 p.
  36. Del Castillo. (1997). La ciencia para todos. Carretera Picacho-Ajusco 227, 14200 México, D.F.: Fondo de Cultura Económica, Secretaría de Educación Pública. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. <http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/>.
  37. Diesel, R. 2009. Tecnología del riego [http://www.TRAXCO.es/blog/tecnología del riego/diseño del riego por aspersión](http://www.TRAXCO.es/blog/tecnología%20del%20riego/dise%C3%B1o%20del%20riego%20por%20aspersi%C3%B3n). (TRAXCO, Productor) Obtenido de Polígono Molino del Pilar Zaragoza España.
  38. Díaz M, Y (2019) Periódico Trabajadores (Cuba): Un buen negocio de invertir en las mujeres.
  39. Dip Trasvase (2019) Ponencia ideas generales del proyecto de uso múltiple del ingeniero José Leticio Salcines y su vinculación con las obras hidráulicas construidas y en estudio en el valle de Guantánamo
  40. Doorembos, J., Pruitt, W.O., 1976. Las necesidades de agua de los cultivos. riego y drenaje #24. Roma FAO 78 p
  41. Doorembos, J., Pruitt, W.O., 1975. Guidelines for prediction Crop Water Requirements, FAO Irrig and Drain. Paper No. 24, FAO, Rome, Italy.
  42. Dourato-Neto, D., Fancelli, A., Muller, M. (2002). Manejo da irrigação de pastagens. In: Simpósio dobre manejo de pastagens, 19. Piracicaba. Anais. Piracicaba: FEALQ. p. 189-216.
  43. Dorticós Del Río P.L. 2012. Los recursos hidráulicos en Cuba: Una visión estratégica. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, La Habana Cuba

44. Driggs, R. (2011): Propuestas de iniciativas para el desarrollo económico local en el municipio de Frank País, Dirección Provincial de Planificación Física de Holguín, Holguín. Inédito.
45. Driggs, R. (2011): Perspectiva integradora del ordenamiento territorial y urbano en los procesos de desarrollo económico local
46. Esqueda V.A., Tosquy O.H. 2007. Efectividad de métodos de control de malezas en la producción de forraje del pasto pangola (*Digitaria decumbens*). *Agronomía Mesoamericana* 18(1):01-10
47. FAO. (2003). Consumo mundial del agua para la agricultura. Recuperado el 25 de enero de 2019
48. FAO. 2004. Programa de Apoyo a los Modos de Vida (LSP). Roma.
49. FAO. (2014). El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Innovación en la agricultura familiar. Roma.
50. FAO. (2016). Riego, cultivos regados y medio ambiente. Aquastat Organización de Naciones Unidas. Recuperado el enero de 2019, de <http://www.fao.org/contract-us/terms/es>
51. FAO (2006). Manual CROPWAT 8.0, publicación No 56 de la Serie Riego y Drenaje de la FAO "Evapotranspiración del Cultivo - Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos". Disponible en: [http://www, el regante.com](http://www.elregante.com)
52. FAO (2006). Evaptranspiración del cultivo. Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos, Estudio Riego y Drenaje ISSN 0254- 5293.
53. Funes, F.: 2000 "Utilización de los pastos en Cuba. Realidades y perspectivas", En: Taller XXXV Aniversario del ICA, Ed. EDICA, La Habana, Cuba, 2000.
54. Flórez Y Fernández 2017. Los sistemas de información geográfica. Una revisión. *Revista Fagropec de la Universidad de la Amazonia, Facultad de Ciencias Agropecuarias*. Artículo ISSN impresa 1692-9454. Vol. 9, Núm. 1 (2017). Consultado el 17 de Enero 2020.
55. Garcés, E. A., y Muños, G. (2008). Transferencia de la gestión del riego. Esfuerzos y resultados globales. Informe de la FAO sobre temas hídricos 32. Roma, Italia: International Water Management Institute.

56. García, C., & Briones, S. (1997). Sistemas de riego por aspersión y goteo. 127. Mexico: Trillas.
57. García-Trujillo, R. 1983. Potencial y utilización de los pastos tropicales para la producción de leche. En: Los Pastos en Cuba. Utilización. EDICA. La Habana, Cuba. 2:248.
58. García, L. 1999. Diagnóstico agroecológico de sistemas agrícolas. En: Agroecología y Agricultura Sostenible: Bases históricas y teóricas (Módulo 1). CIADES-CEAS-ISCH. La Habana, Cuba. p: 123-126.
59. Gargantini, P., Hernández, F., Vanzela, L. (2005). Irrigação e adubação nitrogenada em capim mombaça na região Oeste do Estado de São Paulo. In: Congresso Nacional De Irrigação E Drenagem, 15. Teresina. Anais
60. GAIPA. 2004. Resumen tomado del "Programa Estratégico de Ganadería Vacuna" Minag. p.3
61. González, P. S., & Roque, R. (2001). Algunas consideraciones para el diseño, explotación y adquisición de máquinas de pivote central. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias.
62. Gonzalez, N. 2013. Diagnóstico de los sistemas productivos en la explotación caprina en tres fincas del municipio Las Tunas. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Tesis en Opción al título de Master en Pastos y Forrajes. Universidad de Matanzas
63. Gianella, T.; Chávez, J. 2003. Escuelas de campo de Agricultores. LEISA, revista de agroecología. vol. 19, no 1.
64. Guevara, G. 2005. Evolución y eficiencia de los sistemas de producción de leche en un municipio de Camagüey, Cuba (1959 a 2002). Rev. Prod. Anim. 17:41. Matanzas "Camilo Cienfuegos"–EPPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 85 p.
65. Guevara, R. 1999. Contribución al estudio del pastoreo racional con bajos insumos en vaquerías comerciales. Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Veterinarias. Universidad Agraria de La Habana "Fructuoso Rodríguez". Cuba
66. Haro R.J., Dardanelli J.L., Otegui M.E., And Collino D.J., 2008. Seed yield determination of peanut crops under water deficit: Soil strength effects on pod

- set, the source–sink ratio and radiation use efficiency. *Field Crops Research*, 109:24-33.
67. Henggeler (2011). *Irrigation scheduling*. Stetson, L. E. and Mecham, B.Q. Eds irrigation 6ht ed.irrigationAssociation. Falls Church,VA. Recuperado el 10 de marzo de 2019.
  68. Hernández A. Y Chaterlan D. 2005. Alteraciones del manejo de la actividad de riego y drenaje en el medio ambiente. Artículo revista *Ingeniería Agrícola*. La Habana. Cuba.
  69. Hernández, A. (2016). Caracterización de la precipitación efectiva y la evapotranspiración de referencia en la provincia Villa Clara, Cuba. (F. d. Agropecuarias, Ed.) Villa Clara, Cuba: Trabajo de diploma Universidad Central de Las Villas Martha Abreus.
  70. Hernández, (2006), Distribución Espacial de las Precipitaciones en el Agroecosistema Cañero Guantánamo. Cuba. *Memorias del III Congreso Internacional de Geología y Minería* .La Habana. Cuba.
  71. Hernández, A. (2007). *Manual de laboratorio. Métodos para evaluar las propiedades físicas de los suelos*. INCA. Cuba. 40p.
  72. Hernández, J. A., Pérez, J. J. M., Bosch, I. D. y Castro, N. (2015): Clasificación de los suelos de Cuba. Ediciones INCA. Mayabeque, Cuba. ISBN: 978-959-7023-77-7. 91p.
  73. Hernández, D.; Carballo, Mirtha & Reyes, F. 2000. Reflexiones sobre el uso de los pastos en la producción sostenible de leche y carne de res en el trópico. *Pastos y Forrajes*. 23:269
  74. Hernández I, Benavides J, Martín G. 2000. El corte y acarreo de los árboles forrajeros como una alternativa en una ganadería ambiental e intensiva. *Memorias. IV Taller internacional silvopastoril “Los árboles y arbustos en la ganadería tropical”*. Estación Experimental en Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Matanzas, Cuba. Tomo II. P. 494.
  75. Hernández I, Babbar L. 2001. Sistemas de producción animal intensivos y el cuidado del ambiente: situación actual y oportunidades. *Pastos y Forrajes (Cuba)* 24(4):281-289.

76. Hernández, I. 1992: Estudio del régimen de riego del cultivo de la Caña de Azúcar por fases de desarrollo del cultivo, 67pp., Tesis presentada en opción del título de Ingeniero Agrónomo, La Habana, Cuba.
77. Herrera, J.; Martínez, E.; Corona, L.: “Estudio del régimen de riego del King Grass. I. Efecto sobre el rendimiento”, Revista Ciencia y Técnica en la Agricultura. Riego y Drenaje, 2(2): 17–33, 1985, ISSN: 0138-8487.
78. Herrera, R.S. 1990: “Introducción y características botánicas”, En: King Grass. Plantación, Establecimiento y Manejo en Cuba, Ed. EDICA, La Habana, Cuba.
79. Herrera, J: 2008 Determinación de coeficientes de cultivo (Kc.) en el cultivo del King Grass, Ed. IIRD, La Habana
80. Herrera J, González F, Zamora E. 2010. Coeficientes de cultivo (Kc) del King grass para diferentes épocas del año y edad de la planta. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias 19(1):44.
81. Herrera, J, 2010. Incremento de la producción de pastos y forrajes, La Habana, (Información personal).
82. Hoogesteger, Jaime. (2014). Los nuevos sujetos del agua. Organización social y la democratización de la gestión del agua en los Andes ecuatorianos. Quito-Ecuador: Justicia Hídrica, IEP y Abya Yala.
83. Huamán F. (2005). Estimación del requerimiento hídrico de cuatro pastos mediante el uso de lisímetros bajo condiciones de El Zamorano, Honduras. Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciatura. Zamorano, Honduras.
84. Hughes, C.E.: Leucaena: Manual De Recursos Genéticos, [en línea], Ed. Oxford Forestry Institute, Oxford, U.K., 280 p., enero de 1998, ISBN: 978-0-85074-146-9, Disponible en: <https://www.amazon.co.uk/Leucaena-Recursos-Geneticos-Tropical-Forestry/dp/0850741467>, [Consulta: 21 de febrero de 2019]
85. IDSO, S. (1983). Stomatal regulation of evaporation from well-watered plant canopies: A new synthesis. Agric. Meteorol.; 29(3): 213-217.
86. Instituto De Suelos (1975): II Clasificación Genética de los Suelos de Cuba, Rev. Agricultura 8 (2): 23 – 49.
87. INIA. (1992). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Chile.

88. INRH. (2005). Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. Informe sobre la Sequía en Cuba. La Habana.
89. INRH. (2013). Informe Final de los Estudios de Peligro Vulnerabilidad y Riesgo de Desastre por Intensa Sequía. Guantánamo, Cuba. Noviembre, 2013. pp 11-36
90. INRH. (2014). Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. . Disponible en: [http://www.ecured.cu/index.php/Instituto\\_Nacional\\_de\\_Recursos\\_Hidraulicos](http://www.ecured.cu/index.php/Instituto_Nacional_de_Recursos_Hidraulicos) . Consultado el 10/08/14.
91. INRH. (2019). Boletín hidrológico. Dirección de uso racional del agua. Servicio Hidrologico y disponibilidad. Análisis de los embalses, lluvias y acuíferos. disponible en <http://www.hidro.gob.cu>
92. INRH. (2019). Informes trasvase Norte Sur. Disponible en archivos digitales de la Delegación Provincial Guantánamo.
93. Isaza Castro, Jairo Guillermo, 2006, "Cadenas productivas. Enfoques y precisiones conceptuales", Revista Sotavento, vol. 11, núm. 1, pp. 8-25.
94. Janet, R. (2016) Cartografía participativa y Sistemas de Información Geográficos. Algunas experiencias desde las ciencias sociales cubanas. RPNS 2346 ISSN 2308-0132, Vol. 4, No. 4, Número Extraordinario
95. Jérez, Irma. 1983. Comportamiento de vacas lecheras con diferentes cargas en gramíneas tropicales Tesis presentada en opción al grado de Candidato a Doctor en Ciencia ICA-ISCAH. La Habana, Cuba. 215 p.
96. Jiménez, E. R., & Montero, L. (enero-marzo de 2013). Evaluación de la calidad de riego de máquinas de riego. Ciencia y Técnica Agropecuarias, pp. 50-54.
97. Johnson. (2016). Solución de abasto de agua a las instalaciones ganaderas de la UEB Limones. Santiago de Cuba: Empresa Pecuaria Iván Rodríguez.
98. Lal, H.; G. Hoogenboom; J.P. Calixte; J.W. Jones and F.H. Beinroth. 1993. Using Crop Simulation Models and GIS for Regional Productivity Analysis. American Society of Agricultural Engineering 36 (1): 175 – 184.
99. Lamelas, C. 2008. Desarrollo de un Bloque Experimental regado por Aspersión de Alta Carga. Información INICA. Serie Riego y Drenaje. II Semestre: p 51-53.
100. Lallana, V.H. y Lallana Ma. Del C. (2003) Manual de Prácticas de Fisiología Vegetal Edición digital - Pág. 32

101. Leticio, S.J., (1959). Esquema general del proyecto ante la Sociedad Cubana de Ingenieros presentado en 1951 y publicado en la Revista del Colegio de Ingenieros de Cuba.
102. Lineamientos de la Política Económica Social Del Partido y La Revolución 2011 Editorial Política. la Habana. pp38 Disponible en [www .cuba debate.cu](http://www.cuba.debate.cu) (Consulta 22 de Enero 2020).
103. López, G.; A. Castellanos; J. Herrera Y L. Torres. 1998. Aplicación de los Sistemas de Información Geográficos (SIG) en el desarrollo de la actividad de riego. Revista Voluntad Hidráulica No. 89 – 90, p. 44 – 51.
104. Lores, A. 2009 Propuesta metodológica para el desarrollo sostenible de los agroecosistemas. Contribución al estudio de la agrobiodiversidad Estudio de caso: Comunidad “Zaragoza”, La Habana, Cuba Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas
105. Lok, S. 2005. Determinación y selección de indicadores del sistema Suelos - Pastos en pastizales dedicados a la producción de ganado vacuno. Tesis en opción a grado científico en ciencias agrícolas. Instituto de Ciencias Animal. La Habana. Cuba.
106. Matos G y Estévez G (2019): “La equidad de género en el desarrollo local de Imías”, Revista Caribeña de Ciencias Sociales (julio 2019). En línea: <https://www.eumed.net/rev/caribe/2019/07/equidad-genero-desarrollolocal.html//hdl.handle.net/20.500.11763/caribe1907equidad-genero-desarrollolocal>
107. Machado. 2012. El cultivo en zonas rurales y los procesos de riego. Quito Ecuador.
108. Machado, R. & Seguí, Esperanza. 1997. Introducción, mejoramiento y selección de variedades comerciales de pastos y forrajes. Pastos y Forrajes. 20:7
109. Matínez Vilorio F. 2019. Ficha Técnica del Pasto Estrella (*Cynodon nlemfuensis*) disponible en [https://infopastos y forrajes.com/pasto-de-pastoreo/pasto-estrella](https://infopastos-y-forrajes.com/pasto-de-pastoreo/pasto-estrella) 25 enero 2019. [Consultado 3 de septiembre 2020].
110. Massolo, A. 2006. El desarrollo local en la perspectiva de género agricultura, sociedad y desarrollo, enero-junio 2006 volumen 3, número 1 pp 1-18.

111. Mayo 2017. Importancia del agua, Artículo de Opinión Noticias de prensa, 22 de marzo 2019. Ministro de Salud de la República de Panamá. Disponible en <http://www.minsa.gob.pa/noticia/articulo-de-opinion-importancia-del-agua>.
112. Mc Kenzie, S. A. 1990. Geographic Information Systems for the sugar industry. Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Techn.
113. Medrano, H., Bota, J., Cifre, J., Flexas, J., Ribas-Carbó, M. Y Gulías, J. (2008). Eficiencia en el uso del agua por las plantas. Revista Investigaciones Geográficas (Esp), (43), 63-84.
114. Mitnik, Felix, 2011, Desarrollo de cadenas productivas, clusters y redes empresariales. Herramientas para el desarrollo territorial, Fondo Multilateral de Inversiones, Banco Interamericano de Desarrollo, Agencia para el Desarrollo Económico de Córdoba. Edit. Copiar, P. 313.
115. Milera M 2011 Cambio climático, afectaciones y oportunidades para la ganadería en Cuba. Climate change, affectations and opportunities for livestock production in Cuba Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey” Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba. Pastos y Forrajes, Vol. 34, No. 2, abril-junio, 127-144, 2011
116. Monzón. 2012 Diseño de una estrategia de desarrollo local del municipio Santo Domingo. Tesis de grado Universidad Central de Las Villas. Marta Abreus
117. Montero, L. M., Domínguez, R., Pérez, R Y Jiménez, E. (2009). “Estudio Técnico–Económico de la tecnología de riego con aspersor viajero sectorial (enrolladores) en el cultivo del plátano”. Informe final de proyecto de investigación, IAgric, MINAG, La Habana, Cuba, pp. 26.
118. Montero, L. M., Domínguez, R Y Jiménez, E. (2010). “Comprobación de las características técnicas de explotación de enrolladores introducidos en el país “.Informe de Etapa, IAgric, MINAG, La Habana, Cuba, pp. 16.
119. Murines y Camejo. (2002). Evaluación de las máquinas de pivote central eléctrica Valley en el cultivo de la papa. Universidad Centro de Estudios Hidrotécnicos. Ciego de Ávila, Cuba.
120. Murillo Solano, José; Barros Henríquez, Justo A.; Roncallo Fandiño, Belisario; Arrieta Pico, Guillermo. 2014. Requerimientos hídricos de cuatro gramíneas de corte para uso eficiente del agua en el Caribe seco colombiano. Artículo de

- Investigación, Corpoica Ciencia Tecnológica Agropecuaria (2014) 15(1) 83-99  
2014. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
121. Murillo, J. S., Henríquez, J. A., Roncallo F. B., Arrieta P. G., (2014). Manejo y Conservación de Suelos y Aguas. Requerimientos hídricos de cuatro gramíneas de corte para uso eficiente del agua en el Caribe seco colombiano. Artículo de investigación Pág. 83 a 99.
  122. Murray W. Nabors 2005. Introducción a la Botánica. Editorial Pearson. Publicado 28th September 2012 Disponible en <http://fisiolvegetal.blogspot.com/2012/09/estomas.html>
  123. MINAG (1982): Génesis, Clasificación y Edafología de los Suelos. Seminario. Mapa Nacional de Suelos a Escala 1:25 000. MINAG.
  124. MINAG (1976). Manual para la confección del mapa nacional 1: 25 000.
  125. MINAG (1984). Manual de interpretación de los índices físicos, químicos y morfológicos de los suelos cubanos. Dirección general de los suelos y fertilizantes, C. Habana. Cuba.
  126. MINAG (2017) Informe resumen del balance de área bajo riego, cierre de año. Delegación Provincial Guantánamo. Cuba.
  127. MINAG (2018) Proyecto de fortalecimiento de los vínculos entre los sistemas de protección social y las cadenas de valor agrícola. Programa Mundial de Alimentos (PMA) Delegación Provincial Guantánamo. Cuba.
  128. MINAG (2019) Modelo único para la demanda de agua para todos los usos. Departamento de riego, drenaje y abasto.
  129. Norma Cubana NC ISO 10272:2003. Calidad de suelos. Determinación de la Densidad aparente. 10 pág.
  130. Norma Cubana NC 112:2009. Calidad del suelo. Determinación de la Conductividad Eléctrica y de las Sales Solubles Disueltas en la relación 1:5 Suelo-Agua.8 pág.
  131. Norma Cubana NC 110:2010. Calidad de suelos. Determinación de la humedad. 7 pág.
  132. Norma Cubana NC 776:2010. Calidad del suelo — Evaluación de la afectación por salinidad. 14 pág.
  133. Norma Cubana NC 1042:2014. Calidad de suelos. Determinación de la capacidad de campo. 7 pág.

134. Norma Cubana NC 1047:2014. Calidad de suelos. Determinación de la Velocidad de Infiltración. 6 pág.
135. Norma Cubana. (No.969 2013). Tuberías presurizadas de polietileno especificaciones para el cálculo, diseño, transportación almacenamiento y colocación. 23 a 26.
136. Nova, A. (2010). La agricultura cubana medidas implementadas para lograr incrementos en la producción de alimentos. Analisis y valoración. La Habana, Cuba.
137. Nuñez A Leonardo. (2015). Manual del calculo para eficiencia de los sisemas de riego. Lima Peru.
138. Núñez, C., Santos, M. y Segura, M. (2009). Acumulación y distribución de materia seca de cuatro variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) en Zipaquirá, Cundinamarca (Colombia). Rev. Fac. Nac. Agron. 62(1), 4823-4834
139. Ortega, L. (1994). Selección y manejo de equipos de riego por aspersión. Boletín Técnico No. 216, Remehue. Osorio, 27. Chile: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA).
140. Olivera, Yuseika; Machado, R. & León, Belkis. 2003. Evaluación agronómica de recursos genéticos forrajeros. Memorias V taller Internacional sobre Recursos Fitogenéticos. S. Spíritus, Cuba. p. 91
141. Onudi, 2004, Manual de minicadenas productivas, Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, República de Colombia: Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, Bogotá, Colombia, pp.148.
142. Oficina Nacional de Estadística. 2006. Primer compendio de estadística del Medio Ambiente en Cuba. disponible en [http: www.one.cu](http://www.one.cu)
143. Oquendo, G. y N. Rodríguez. 2005. Papel histórico de los alimentos concentrados en la alimentación del ganado vacuno en Holguín. Archivo SEPF. pp - 8.
144. Ostrom, Elinor. (2002). "El gobierno de los bienes comunes. La evolución de las instituciones de acción colectiva". En Region y sociedad Vol. XIV No 24.2002, Pp: 395
145. Pacheco, J.; Ismabel, M.; Domínguez, Y.; Lamadrid, J.O. (2006). Lluvia y evapotranspiración de referencia en cuatro puntos representativos de la

provincia de Villa Clara, Cuba. Revista Centro Agrícola No 4. Editorial Feijóo  
ISSN: 0253-5785. p. 67-68.

146. Pacheco, ET. AL. (2012). Conservación y ahorro de agua en la agricultura. España: Editorial Académica Española. 55p.
147. Paretas, J.J. & López, Mirtha. 2007. Regionalización de gramíneas, leguminosas y árboles multipropósitos. En: Recursos forrajeros herbáceos y arbóreos. (Ed. Milagros Milera). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala-EEPF “Indio Hatuey”, Matanzas, Cuba. p. 39.
148. Parraga, J., Pilaloe, D., González, C., Párraga, L., 2017 Restricción del riego en la producción de biomasa del pasto Pennisetum sp. Cienc Tecn Uteq (2017) 10(2) p 83-87ISSN 1390-4051; e-ISSN 1390-4043
149. Pereira, L., & Trout, T. J. (1999). irrigación methods, in Ñ H N. CIGR Handbook of Agricultural Engineering, Lan ang Woter Engineering, ASAE, St. Joseph, MI, USA, pp. USA: vol 1 pp 297 a 379.
150. Pereira, L.S., Perrier, A., Allen, R. G., Alves, I., 1999 Evapotranspiration: Review of concepts and future trends. J. Irrig. Drain. Engng. ASCE. 125: 45-51.
151. Pérez, R., Blanco, J. L., Piña, N., Pérez, A.G. (2010). Emisores, uniformidad de riego y rendimiento agrícola en pivotes para cultivos varios. Rev. Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Vol. 31, No. 1. pp 43-50.
152. Pérez, I, F. 1977. Posibilidades de los pastos en el trópico. Rev. cubana Cienc. Agric. 11(2):119
153. Pérez. R. 2003. La Ganadería Cubana en transición. En: Curso Internacional de Ganadería, Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Diagnóstico y Marco Conceptual. (Modulo I y II) IIPF. La Habana, Cuba, 62-72p.
154. Periódico Granma. (Julio de 2015). Artículo publicado de la depauperacion de la ganadería en el municipio Niceto Pérez.
155. Plaza, F. 2004. Determinación del requerimiento hídrico de cuatro pastos mediante el uso de lisímetros bajo condiciones de El Zamorano, Honduras. 19 p.
156. Ponce de León, D., C. BALMASEDA, S. SEGRERA, R. PONCE –Hernández y Y. Rodríguez. 1999. Manual. Fundamentos Teórico – Prácticos de Sistemas de Información Geográfica y Metodología de Zonificación Ecológica Económica. INICA – FAO. Proyecto FAO TCP/CUB/8822. La Habana, 110 pp.

157. Pizarro, C. F. (1990). "Riego Localizado de Alta Frecuencia: Goteo, Microaspersión y Exudación". Ediciones Mundi – Prensa. Madrid. España.
158. Pimienta, Neri, Méndez y Zañudo 2015. Fisiología de Cultivos Agrícolas. Curso teórico práctico. Centro universitario de ciencias biológicas y agropecuarias de las carreras de licenciatura en Agronomía y Biología. Universidad de Guadalajara. Disponible [http://pregrado.udg.mx/sites/default/files/unidadesAprendizaje/fisiologia de cultivos agricolas.pdf](http://pregrado.udg.mx/sites/default/files/unidadesAprendizaje/fisiologia_de_cultivos_agricolas.pdf)
159. Prada le, García HR, Chaves A. 2015. Efecto de las variables de evaporación: presión y flujo calórico en la calidad de la panela. Artículo de investigación Corpoica Ciencia Tecnología Agropecuaria. 16(1): 7-23. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuarias
160. Ramírez de la Ribera, J. L., Zambrano Burgos D. A., Campuzano Janeth (4) Verdecia Acosta D.M, Chacón Marcheco, E., Arceo Benítez y., Labrada Chingjaine y Uvidia Caba Diana H. (2017). El clima y su influencia en la producción de los pastos. Granma, Cuba y Ecuador: 2017 Volumen 18 N° 6 - Obtenido de Revista electrónica de Veterinaria -ISSN 1695-7504 Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060617.html> [Consultado: 3 de febrero de 2019].
161. Ramírez J L, Herrera R S, Leonard I, Verdecia D, Álvarez Y. Rendimiento de materia seca y calidad nutritiva del pasto Brachiaria brizanthax Brachairia ruzizensisvc. Mulato en el Valle del Cauto, Cuba. (2010). Re
162. Resolución No. 287/2015; Gaceta Oficial. (9 de Junio de 2016). Gaceta Oficial de la República de Cuba No. 16 Extraordinaria. Resolución No. 287/2015. La Habana, La Habana, Cuba: Ministerio de Justicia.
163. Rey, R. y L, de la Hoz (1979): Manual del régimen de riego de los principales cultivos en Cuba, Editorial ORBE, La Habana.
164. Rivero, L.; Obregón, A.; Sánchez, I., Orellana, R. y Hernández, M. (1990). Indicadores físicos, hidrofísicos y del régimen hídrico que permitan la recuperación y el manejo de los suelos salinos. Logro 18RI84. En archivo Instituto de suelos.

165. Ríos, A 2011. Mujeres mini-industriales, pp. 10, En: El Productor, (P) RNPS: 0619, (D) RNPS: 2298, No. 8. Sección de Ingeniería Agrícola. Ministerio de la Agricultura (Minag). La Habana, 2011.
166. Ríos, A 2012. La Agricultura en Cuba. Apuntes históricos, 210pp., INFOIIMA. ISBN 978-959-285-018-7. La Habana.
167. Ríos, A. 2014 Agricultura con aroma de mujer, pp. 10, En: El Productor (P) RNPS: 0619, (D) RNPS: 2298, No. 6. Junio 2014. Sección de Ingeniería Agrícola. Ministerio de la Agricultura (Minag). La Habana.
168. Ríos, H, (2016). Género y Agricultura en Cuba. Art Revista Ingeniería Agrícola ISSN-2306-1545, E- ISSN2227- 8761, V 6 N 2 pp 14-1 2016
169. Ríos, O, (2019). Desciende nivel de agua embalsada en Guantánamo, obtenido <http://www.solvisión.cu/es/guantánamo/12678>, disponible el 14 de febrero. Publicado en Guantánamo
170. Romero, O. (1993). Bases técnicas del manejo del pastoreo. SOCHIPA. Serie de simposios y compendio.
171. Romero Flores, J.M.O. 2007 Campo Experimental “Valle de Culiacán” Km. 16.5 Carretera. A El Dorado Apdo. Postal 356 C.P. 80 000 Culiacán, Sin. México. disponible en <http://encyclopedia.thefreedictionary.com>
172. Roche, H. C. R., Suarez, C. M., Hernández, P. G., Pérez L. S., Correa, K., Freire, S. M., Rodríguez, O. M., Sánchez, A., Álvarez, H. U., Veitía, C. N., Campos, G. M., Marín, C. A.. (2016). Experiencias en el desarrollo de Cadenas Productivas para la producción Agropecuaria en los municipios. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, vol. 15, núm. 1, 2006, pp. 47-50 Universidad Agraria de La Habana Fructuoso Rodríguez Pérez. La Habana, Cuba
173. Rosabal M, 2013 Caracterización técnico-productiva de una vaquería en la empresa pecuaria genética de Matanzas.Tesis en opción al título de master en pastos y forrajes pp 43. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”.
174. Rotmans, A.F. 1996. Introduction to GIS. Lecture notes, XXXV International Course on Land Drainage. Wageningen, The Netherlands.
175. Roque R., Reynaldo; Alemán G., Candelario; Roviroso M., 2006 Novel Uso de las máquinas de pivote central en el riego con aguas residuales. Revista Ciencias

Técnicas Agropecuarias, vol. 15, núm. 1, , pp. 47-50 Universidad Agraria de La Habana Fructuoso Rodríguez Pérez. La Habana, Cuba Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93215110>

176. Rúa F, Michel 2008 Pastos de Corte para el trópico Publicación digital disponible en <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/pastos-corte-tropico-t27580.htm>
177. Sánchez G. J, Fernández G., Martínez P., Bonet P., Hernández V., Noy P. (2015). Régimen de riego de explotación con la técnica por enrolladores, en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.). Agrisost, Vol.22, No.1: páginas 9-23 ISSN 1025-0247. Disponible en: <http://www.agrisost.reduc.edu.cu>. [Consultado 20 enero 2019]
178. Sánchez, Tania. 2002. Evaluación de un sistema silvopastoril con hembras Mambí de primera lactancia bajo condiciones comerciales. Tesis presentada en opción al título de Master en Pastos y Forrajes. EEPF "Indio Hatuey" Matanzas. Cuba 93 p.
179. Sánchez Landa, A. M. 1984: El comportamiento de la ETcultivo, para el cultivo de King Grass en condiciones de la región occidental de país, 40pp., Trabajo de Diploma (en opción al título de Ingeniero en Riego y Drenaje), Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana (ISCAH), Facultad de Riego y Drenaje, La Habana.
180. Sánchez, Tania; Lamela, L.; Valdés, R. & López, O. 2005. Evaluación de los indicadores productivos de vacas Holstein en pedestales EEPF "Indio Hatuey" Matanzas. Cuba
181. Santos, L.; Valero, J. A.; Picornell, María.; Tarjuelo, J. (2010). El Riego y sus Tecnologías. Albacete, España: Centro Regional de Estudios del Agua. Universidad de Castilla- La Mancha. Albacete España. ISBN: 13: 978-84-692-9979-1.
182. Sánchez, T. 2007. Evaluación productiva de una asociación de gramíneas mejoradas y *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham con vacas mambí de cuba en condiciones comerciales. Tesis presentada en opción al grado científico de Dr. en ciencias veterinarias. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas. Cuba. p.4.
183. Sepor. (2007). Servicio de programación y optimización del uso del. Chile.

184. Souza, E., Isepon, O., Alves, J. (2005). Efeitos da irrigação e adubação nitrogenada sobre a massa de forragem de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. Revista Brasileira de zotecnia 34(4), 1146-1155
185. Sosa R., Herrera J. y Alarcón R., 2012. Régimen de riego de Proyecto para el King Grass (*Pennisetum purpureum*). Revista Ingeniería Agrícola. ISSN 2306-1545, RNPS-0622, vol. 2, No.2 Julio -Diciembre, pp 32-35.
186. Sosa R., Herrera P., Cordoví C., González R., 2017. Respuesta de tres clones de *Pennisetum Purpureum* a diferentes niveles de riego I. Rendimiento y calidad del forraje Revista Ingeniería Agrícola, ISSN-2306-1545, E-ISSN-2227-8761, Vol. 7, No. 2 (abril-mayo-junio), pp. 13-20.
187. Stobbs, T.H. 1978. Milk production, milk composition, rate of milking and grazing behaviour of dairy cows grazing two tropical grass pastures under a leader and follower system. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 18:5
188. Smith, M. 1992. CROPWAT. A Computer Program for Irrigation Planning and Management. FAO. Irrigation and Drainage Paper 46. Roma, Italia. 122 p.
189. Spaargaren, O.C., R.W. Arnold, H.P. Blume, E.M. Bridges (1994): World Reference Base for Soil Resources. FAO, ISRIC, ISSS., Wageningen/Rome, 161p.
190. Tarjuelo, J.M., Montero, J., Honrubia, F.T., Ortega, F.J., (2005). El Riego por aspersión y su tecnología (Vol. pag 205 a 214). Editorial Mundi prensa. Madrid, España
191. Tarjuelo, J.M., Montero, J., Honrubia, F.T., Ortiz, J.J., Ortega, F.J., (1999b). irrigation uniformity with medium size sprinklers. Part II. Influence of wind and other factors on water distribution. 677 a 689. trans. ASAE 42: 677-689.
192. Tarjuelo, J. M. (2005). Capítulo 5. Sistemas Autopropulsados de riego por aspersión En: Mundi Prensa (ed.) El Riego por Aspersión y su tecnología. 3ra ed. Madrid, España, pp. 239-268.
193. Valdivia, R. 1979. Métodos prácticos para estimar el consumo histórico de nutrientes como pasto para el ganado vacuno. Ciencia y Técnica de la Agricultura. 2:95
194. Venegas, V. R. 2004 b. "Propuesta Agroecológica del CLADES - CET - ITAS" Revista de Agroecología y Desarrollo: Revista de CLADES, no14.

195. Vidal, L.; A. Gutiérrez; H. Carrasco; M. E. Ruiz Y J. R. Pérez. 1997. Caracterización de un área potencialmente salina al norte de Villa Clara empleando técnicas geoestadísticas y un SIG. Trabajo de Diploma, Diplomado de Geomatemática Agrícola. UNAH, La Habana, 8 hojas.
196. Vidal, L. (2001). Instructivo Técnico para los Jefes de Lote. Villa Clara. EPICA Villa Clara. p. 88
197. Vinci M., Hernández M., Pacheco F., Landa S., Mireles T., Anaya C., Antune S., Ferrer M. 2014. Hacia una gestión con enfoque de cadena. Conceptos básicos e instrucciones para el diagnóstico. Pertinencia del enfoque de cadena para el sector Agroalimentario en Cuba. Edición Ministerio de la Agricultura de Cuba (MINAG) y el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) pp 13-19
198. Whiteman, P.C. 1980. Tropical pastures science. Oxford University Press. New York. p. 392
199. Willet, H., Vos, J., Hendriks, J., Varillas, O. (2007). Planificación e Inversión en agua para el desarrollo local. Guía para Municipios Rurales Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo

## ANEXOS:

### 1. Encuesta para caracterizar la biodiversidad de la zona 1 de Limones.

#### I. Aspectos generales

1. Forma organizativa: Estatal:\_\_\_\_\_ Privada:\_\_\_ Cooperativa: \_\_\_
2. Nombre de la entidad: \_\_\_\_\_ Unidad Empresarial de Base (UEB): \_\_\_\_\_
3. Ubicación geográfica: Municipio: \_\_\_\_\_ Consejo Popular: \_\_\_\_\_

#### II. Fuerza de trabajo.

4. Cantidad de trabajadores: \_\_\_\_\_
5. Sexo: F: \_\_\_\_\_ M: \_\_\_\_\_
6. Dirigentes: \_\_\_\_\_
7. Técnicos: \_\_\_\_\_
8. Operarios agropecuarios: \_\_\_\_\_
9. Servicios: \_\_\_\_\_
10. Nivel escolar: Universitario \_\_\_\_\_ Técnico medio \_\_\_ Obrero calificado \_\_\_\_\_  
Otros \_\_\_\_\_
11. Cantidad de personal joven (menor de 35 años): \_\_\_\_\_
12. Salario promedio: Obreros: \_\_\_\_\_ Administrativo: \_\_\_\_\_

#### III. Valores medios de las variables climáticas

13. Estación Meteorológica donde se registran los datos: \_\_\_\_\_
14. Ubicación geográfica: \_\_\_\_\_
15. Serie histórica para los valores de temperatura: \_\_\_\_\_
16. Temperatura (° C): media: \_\_\_\_\_ Máxima: \_\_\_\_\_ Mínima: \_\_\_\_\_
17. Viento: Dirección predominante: \_\_\_\_\_ Velocidad: \_\_\_\_\_
18. Evaporación anual: \_\_\_\_\_
19. Humedad relativa: \_\_\_\_\_
20. Radiación solar promedio: \_\_\_\_\_
21. Precipitación promedio: \_\_\_\_\_

#### IV. Condiciones edáficas.

22. Tipo de suelo predominante: \_\_\_\_\_
23. Características físicas: Densidad aparente: \_\_\_\_\_ Capacidad de campo: \_\_\_\_\_  
Velocidad de infiltración: \_\_\_\_\_ Profundidad: \_\_\_\_\_ Pendiente: \_\_\_\_\_

24. Drenaje interno: \_\_\_\_\_

25. Conductividad eléctrica: \_\_\_\_\_

26. ¿Se realiza un manejo adecuado del suelo? Si \_\_\_ No \_\_\_ Especifique la medida realizada: \_\_\_\_\_

V. Balance y uso de la Tierra

27. Área total: \_\_\_\_\_

28. Frutales: \_\_\_\_\_

29. Cultivos varios: \_\_\_\_\_

30. Pastos: Naturales: \_\_\_\_\_ Cultivados: \_\_\_\_\_

31. Instalaciones: \_\_\_\_\_

32. Bosques naturales: \_\_\_\_\_

33. Deforestadas: \_\_\_\_\_

34. Presas y ríos: \_\_\_\_\_

35. Viales: \_\_\_\_\_

36. En usufructo: \_\_\_\_\_

VI. Beneficios del riego

37. Área bajo riego: Bruta: \_\_\_\_\_ Neta: \_\_\_\_\_

38. Técnica de riego: Localizado: \_\_\_\_\_ Aspersión: \_\_\_\_\_ Gravedad: \_\_\_\_\_

39. Presión de trabajo: Baja: \_\_\_\_\_ Media: \_\_\_\_\_ Alta: \_\_\_\_\_

40. Fuente de abasto: Río \_\_\_\_\_ Canal: \_\_\_\_\_ Presa: \_\_\_\_\_

41. Fuente de energía para el bombeo: Eléctrica \_\_\_\_\_ Paneles fotovoltaicos: Diésel: \_\_\_\_\_

42. Calidad del agua para el riego: Buena \_\_\_ Regular: \_\_\_ Mala: \_\_\_\_\_

VII. Cultivo, especie y variedad.

43. Pasto predominante: \_\_\_\_\_

44. Forraje cultivado en la finca: \_\_\_\_\_

45. ¿Existe en la entidad banco de semillas para garantizar la siembra?: Si: \_\_\_\_\_ No: \_\_\_\_\_

VIII. Datos económico y productivo.

46. Estado de las instalaciones ganaderas: bueno \_\_\_\_\_ regular \_\_\_\_\_ mala \_\_\_\_\_

47. Cantidad de animales del rebaño vacuno: \_\_\_\_\_ Especifique por categoría: Añojo: \_\_\_\_\_ Torete: \_\_\_\_\_ Novilla: \_\_\_\_\_ Vaca: \_\_\_\_\_

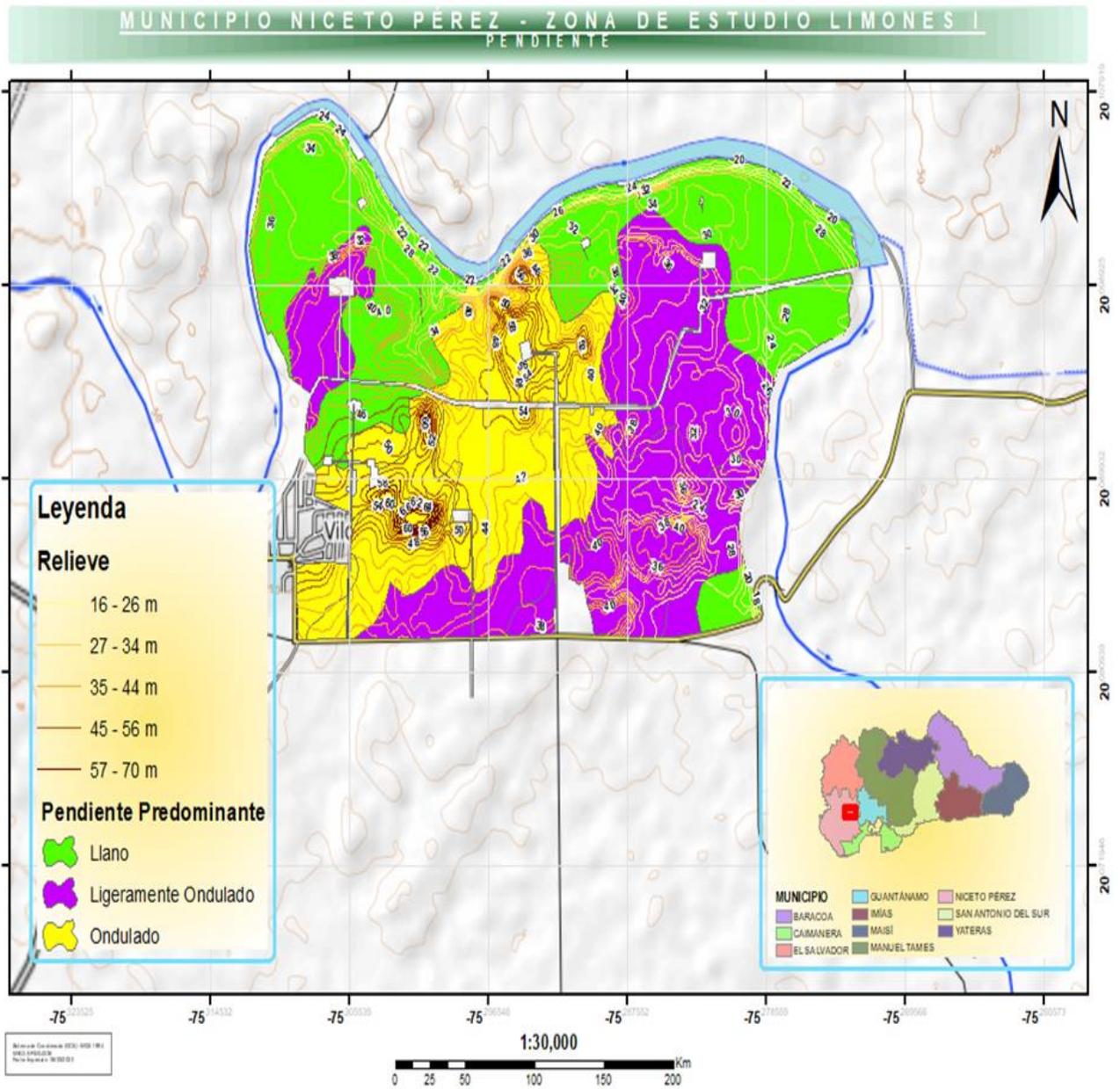
- 48. Producción fundamental: \_\_\_\_\_
- 49. Forma de explotación de la masa ganadera: \_\_\_\_\_
- 50. Raza: \_\_\_\_\_
- 51. Producción de leche: \_\_\_\_\_
- 52. Litros por vacas: \_\_\_\_\_
- 53. Ingresos por leche: \_\_\_\_\_
- 54. Producción de carne: \_\_\_\_\_
- 55. Ingreso por carne: \_\_\_\_\_
- 56. Destino de la producción: \_\_\_\_\_

**2. Pirámide agroforestal para mitigar los efectos de cambio climático (Milera, M. 2011).**



**Figura 2 Pirámide agroforestal**

### 3. Mapa de pendiente.





## 5. Demanda de tuberías para la proyección del sistema de riego.

U/M: m

Tuberías	Material	Ø 400	Ø 315	Ø 250	Ø 200	Ø 160	Ø 110	Ø 90	Ø 75	Ø 63	Ø 50	Total
TP	PEAD	617	4662	1176	1395	904		40	126			8920
TS	PEAD		194		1546	1043	404	567				3754
TDE	PVC				1673	5216	582					7471
TD	PEAD								673	152		825
Subtotal												20970
Laterales	PBAD										236	236
Total		617	4856	1176	4614	7163	986	607	799	152	236	21206

Donde:

TP: Tubería Principal

TS: Tubería secundaria

TDE Tubería distribuidora en enrolladores

TD: Tubería distribuidora

PEAD: Polietileno de alta densidad

PBAD: Polietileno de baja densidad

PVC: Polivinil concentrado

Ø: Diámetro (mm)

## 6. Diseño hidráulico de los enrolladores.

Descripción	U/M	Cantidad
Tiempo Total de Riego	h	16
Posiciones Diarias	-	2
Tiempo de riego diario en una posición	h	8
Ancho de la banda de riego	m	49-74
Presión del aspersor	m.c.a	30-40
Gasto del aspersor	m <sup>3</sup> /h	32,99 - 91,64
Radio del aspersor	m	38,9 -53,6
Diámetro de la boquilla	mm	22,5-37,5
Solapamiento	%	33,78-60
Intensidad de aplicación	mm/h	11,94-22,93
Velocidad de traslado	m/h	18,29-37,51
Tiempo de inicio	h	0,55-0,88
Tiempo final	h	0,35-0,62
Tiempo Total	h	5,43-11,19
longitud de la manguera del enrollador	m	140-250
Velocidad de infiltración	mm/h	14,9-17,66
Cantidad de maquinas	u	19
Diámetro interior de la manguera del enrollador	mm	84,6-103,4
Diámetro exterior de la manguera del enrollador	mm	90-110
Aspersor	modelo	Twin 202 y 204

**7. Distribución de enrolladores por tuberías.****(UM: U)**

<b>Tuberías</b>	<b>Cantidad de Máquinas Enrolladoras</b>	<b>Área (ha)</b>
TP-1	5,0	62,3
TP-2	5,0	93,5
TP-3	3,0	50,0
TP-4	6,0	64,2
Total	19,0	270,0

**8. Características técnicas de los equipos de bombeo.**

<b>Tuberías principales</b>	<b>Área de Riego (ha)</b>	<b>Equipo de Bombeo (electrobombas)</b>			
		<b>Q total (l/s)</b>	<b>Q (l/s)</b>	<b>H (m)</b>	<b>Cantidad</b>
TP-1	66,5	88	44	75	2
TP-2	93,5	82	41	83	2
TP-3	50,0	60	60	82	1
TP-4	75,5	120	40	75	3
Total	285,5	350			8

**9. Movimiento de rebaño al cierre de febrero 2018.**

<b>Categoría</b>	<b>U/M</b>	<b>Cantidad</b>
Tenera	U	28
Ternero	U	26
Añoja	U	65
Añojo	U	22
Torete	U	26
Novilla	U	138
Vacas	U	94
Bueyes de trabajo	U	5
Toros de ceba	U	17
Équidos	U	16
Total	Cbz	437

## ABREVIATURAS Y SIGLAS.

UEB	Unidad Empresaria de Base
INRH	Instituto Nacional de Recurso Hidráulico
MINAG	Ministerio de la Agricultura
ISP	Índice de Precipitación Estandarizada
ONE	Oficina Nacional de Estadística
ET	Evapotranspiración
ETc	Evapotranspiración de cultivo
ETo	Evapotranspiración de la superficie de referencia
ETCaj	Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar
ETR	Evapotranspiración real del cultivo
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
Ha	Hectárea
Kc	Coefficiente del cultivo
Kaj	Coefficiente ajustado
Ke	Coefficiente que tiene en cuenta los cambios en la evaporación del suelo
Ks	Coefficiente que tiene en cuenta el estrés hídrico
IDEHI	índice de déficit hídrico
UGM	Unidades de Ganado Mayor
cm	Centímetro
EMC	Edad de madurez de cosecha
EMF	Edad de madurez fisiológica
PVO	Punto verde óptimo del pasto
PNUMA	Programa de Naciones Unidas de Medio Ambiente
PALMA	Programa de Apoyo Local a la Modernización Agropecuaria en Cuba
COSUDE	Agencia de Cooperación Suiza para el Desarrollo
MINCIN	Ministerio de Comercio Interior
SIG	Sistemas de Información Geográficos
DRP	Diagnóstico Rural Participativo
IAP	Investigación Acción Participativa
IESA	Investigación y Extensión en Sistemas Agrarios
ERP	Evaluación Rural Participativa
SRP	Sondeo Rural Participativo
INSMET	Instituto de Meteorología
GED	Enfoque de Género y Desarrollo
PEAD	Polietileno de alta densidad
TP	Tuberías principales
TD	Tuberías distribuidoras
TS	Tuberías secundarias