

**Clasificación:** Proyecto de Investigación  
**SubClasificación:** Proyecto de Investigación  
**Título:** **Contrato RC. No. 0205- 012 celebrado entre la Fiduciaria Bogotá-FIDUBOGOTA, la Universidad del Cauca y APROPESCA, para el desarrollo del proyecto de investigación denominado: “Optimización de los procesos productivos y organizacionales de pequeños productores acuícolas, implementando redes de sensores inalámbricos de indicadores críticos de calidad del agua”.- ID-3195**

**Investigador Pal. :** Apolinar Figueroa  
**Director:** Apolinar Figueroa Casas  
**Email:** apolinarfigueroa@gmail.com  
**Teléfonos:** 2-809800 ext 2645  
**Estado:** En Ejecución  
**Fecha Inicio:** 05/06/2012  
**Fecha Finalización:** 05/06/2014

**Planteamiento:** -La Trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), originaria de la costa este de los Estados Unidos, llega a Colombia en el año de 1939 y desde allí hasta la fecha se han creado más de 87 granjas industriales dedicadas a la Truchicultura de alta producción. Hoy en día esta especie ocupa el cuarto renglón en importancia en la acuicultura comercial representando el 11,36% de la producción acuícola colombiana, sin embargo es en la interacción entre las condiciones ambientales y la tecnificación del sistema productivo uno de los factores primordiales en el éxito de este cultivo. La evolución de la producción de trucha arco iris se observa en la actualidad por agentes tales como el avance en la infraestructura y métodos de producción, mejoramiento en la eficiencia en el recurso hídrico, aumentos en la productividad y competitividad con el fin de suplir los mercados externos, el mejoramiento en la producción de los concentrados, su manejo en cultivo, entre otros (CCI, 2009). Lo anterior da cuenta de un proceso de producción en escala industrial, nivel que muchos de los encadenamientos rurales de productos piscícolas del país esperan alcanzar. En el Cauca, la actividad Piscícola se adelanta desde hace 20 años, con procesos de organización comunitaria y estrategias de extensión rural adelantadas por diferentes instituciones, situación que ha permitido irradiar el trabajo prácticamente a todo el departamento destacándose la trucha como la especie dominante en la zona andina de clima frío. A la piscicultura se dedican aproximadamente 1200

familias de productores de diferentes culturas (mestizos, campesinos, afrodescendientes e indígenas), en principio esta actividad se implementó bajo un esquema de seguridad alimentaria con prácticas productivas artesanales y ha evolucionado hacia la comercialización de excedentes mediante el mejoramiento de sus procesos productivos y organizacionales, al 2006 se habían creado más de 15 asociaciones, entre ellas "APROPESCA" Asociación de Productores y Comercializadores de Productos Pesqueros y Acuícolas del municipio de Silvia -(Cadena Piscícola del Cauca, 2006). APROPESCA tiene diferentes unidades productivas distribuidas en la orografía del municipio de Silvia, y sus estanques se abastecen principalmente del río Piendamó y otros tributarios menores, esta zona presenta una oferta significativa en cantidad del recurso hídrico, sin embargo las condiciones del agua requeridas para mantener los procesos de producción no son siempre las adecuadas debido a la variabilidad climática de la zona. En este sentido las condiciones fisicoquímicas del agua, consideradas como estratégicas para mantener la productividad, cambian a lo largo del año amenazando la sostenibilidad del encadenamiento. En el último decenio el municipio de Silvia ha experimentado fenómenos climáticos extremos con una frecuencia de ocurrencia alta, es así como los máximos de precipitación han ocasionado crecientes e incremento de la sedimentación arrastrando ejemplares, afectando la infraestructura, taponando tuberías y colmatando los estanques; otro fenómeno son las granizadas presentes hacia los meses de octubre a enero, perturbando los individuos que se encuentran en los estanques con exposición directa induciendo una elevada mortalidad; según reportes del periodo 2006-2010 de APROPESCA estos eventos han generado pérdidas cercanas a los 180.000 animales y 50.000 kilos de trucha generando incumplimiento y deficiencia en la atención de los mercados establecidos en el suroccidente. Es por esto que APROPESCA, a través de diferentes ejercicios prospectivos ha identificado la información como un activo de elevado valor, con costos y un ciclo de vida que implica utilización y actualización constante; por consiguiente la ausencia de un sistema de gestión de información y monitoreo ambiental en tiempo cercano al real es el mayor limitante para la toma de decisiones por parte de la organización reduciendo la eficiencia y efectividad en los procesos productivos. En muchos casos los principales inconvenientes que enfrenta la asociación para la toma de decisiones oportuna frente a las amenazas climáticas se da por la falta de tecnologías para el monitoreo, poco entrenamiento de los encargados del procesamiento de la información, incomunicación y necesidad de respuestas rápidas, situaciones que conllevan a tomar decisiones apresuradas, inconsistentes e inapropiadas para afrontar la situación. Es por esto que las decisiones que deben darse diariamente para administrar la producción ponen en riesgo la viabilidad de las unidades productivas, la organización y el encadenamiento. En consecuencia, disponer de un modelo de gestión de información que implemente redes de sensores inalámbricos para indicadores críticos de calidad del agua con transmisión en tiempo cercano al real, optimizaría los procesos productivos y organizacionales de la

asociación, permitiendo el diseño de nuevos protocolos técnicos dentro de la cadena productiva mejorando la toma de decisiones y la gestión del riesgo en el acontecer cotidiano garantizando la planificación sostenible de los sistemas de producción rurales y su competitividad regional.

**Objetivos Generales:** -Fortalecer la productividad y competitividad de la Asociación de Productores y Comercializadores de Productos Pesqueros y Acuícolas del municipio de Silvia - APROPESCA, a través del mejoramiento de los procesos productivos y organizacionales orientados a la generación de productos diferenciados ambientalmente, implementando una red inalámbrica de sensores para la gestión de información en tiempo real de indicadores críticos de calidad del agua para el cultivo de la trucha.

**Objetivos Específicos:** - Implementar una red inalámbrica de sensores para la gestión de información en tiempo real de indicadores críticos de calidad física y química del agua para el cultivo de la trucha. ' Optimizar el proceso productivo orientado a la generación de productos diferenciados mediante mecanismos de producción más limpia. ' Diseñar un mecanismo para la prevención y atención del riesgo a través del desarrollo de un sistema de alertas tempranas. ' Implementar una estrategia organizacional para dar respuesta oportuna a los eventos que alteren las condiciones óptimas de producción.

**Justificación e Impacto:**

**Marco Teórico:** -

**Metodología:** -En los objetivos específicos del proyecto se hace evidente una serie de líneas de trabajo que deben ser abordadas desde perspectivas diferentes: 1. Gerencia del Proyecto La gerencia del proyecto se realizará usando la metodología recomendada por el PMI - Project Management Institute en el PMBOK (Project Management Body of Knowledge) versión 2004. A través del PMBOK se realizará una gestión completa de todo el proyecto desde 9 ámbitos: 1. Gestión de integración del proyecto 2. Gestión de alcance 3. Gestión de tiempo 4. Gestión de costos 5. Gestión de calidad 6. Gestión de recursos humanos 7. Gestión de comunicaciones 8. Gestión de riesgos 9. Gestión de adquisiciones Es importante anotar que se buscará una complementariedad entre el PMBOK y el Modelo para la Construcción de soluciones, que es la metodología a seguir para la construcción del producto y los servicios. 2. Construcción del Producto y los servicios En esta línea de trabajo se definen fases que lleven a la construcción de una solución de calidad, oportuna y a costos competitivos realizando un seguimiento riguroso a todo el proceso de desarrollo del software; que permita la creación de una Plataforma basada en una red inalámbrica de sensores para la gestión de información en tiempo real de indicadores críticos de calidad del agua. La metodología a seguir para esta línea de trabajo de ingeniería del software será el Modelo de Construcción de Soluciones (M.C.S. Serrano, 2000). Una de las características esenciales de este modelo es ser iterativo e incremental, con el objetivo de hacer más manejable el desarrollo de cualquier proyecto, además contribuye de gran

manera a la creación y enriquecimiento de la base de conocimiento/experiencia de las entidades involucradas en el proyecto. Este modelo tiene como paradigma principal la técnica de desarrollo incremental mediante la cual se busca proveer al Cliente - lo más temprano posible - de una capacidad operacional inicial que él pueda ejercitar y a partir de los resultados de la ejercitación (por medio de incrementos de funcionalidad) tratar de obtener una completa satisfacción del Cliente y/o de los usuarios del Sistema/Solución. Las cuatro fases establecidas como referencia para cualquier proceso de construcción de una solución son ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD, FORMULACIÓN DEL PROYECTO, EJECUCIÓN DEL PROYECTO y VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN. Los modelos asociados a este proceso son tres: MODELO PARA ESTABLECIMIENTO DE RESPONSABILIDADES, MODELO PARA DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA y MODELO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA. ESTRUCTURA DE REFERENCIA PARA CADA FASE Las cuatro fases establecidas en el M.C.S. para el proceso de desarrollo tienen la misma estructura de referencia, a continuación se describen los aspectos más relevantes relacionados con esta organización recomendada para cualquier fase:

- Revisión y Compromiso La frontera entre una fase cualquiera y la siguiente está constituida por la actividad denominada revisión y compromiso. La actividad de revisión cubre todos los subproductos desarrollados durante la fase previa, incluyendo el plan de trabajo para la siguiente fase y los recursos requeridos para llevarlo a cabo. El objetivo primordial de esta revisión es asegurar que todas las partes interesadas se comprometan mutuamente con la aproximación a ser tomada para la fase siguiente. En esta actividad debe involucrarse toda la gente y las organizaciones relacionadas con el producto. Es también mediante esta actividad que se puede tomar la decisión de terminación temprana o cancelación de un proyecto, si las condiciones que se presentan indican que la probabilidad de éxito no es adecuada.
- Planeación de la fase Esta actividad se encamina a la elaboración del plan que define el trabajo a ser realizado en la siguiente fase e incluye la estimación de los recursos requeridos. Se trata también de ubicar el resto del proyecto en perspectiva. Dependiendo del punto en el cual nos encontremos puede ser mayor el esfuerzo o resultar sólo en una modificación o actualizaciones a planes anteriores.
- Flujo de trabajo Un flujo de trabajo representa una iteración mediante la cual se integran dos o más de las siguientes actividades principales: Captura de requerimientos, Análisis, Diseño, Implementación y Pruebas (R, A, D, I, P). La descripción de un flujo de trabajo incluye la definición del personal que participará, las actividades que ellos realizarán y los documentos, modelos y componentes que deben producirse.
- Evaluación de la fase Se busca evaluar los diferentes productos resultantes de un flujo de trabajo, con base en los compromisos adquiridos y los objetivos establecidos para la fase, junto al estado de gestión de los riesgos, con el fin de determinar si es el momento adecuado para avanzar a la siguiente fase.

3. Ejecución del Proyecto según los objetivos: Desarrollo del objetivo específico 1. Implementar una red inalámbrica de sensores para la gestión de información

en tiempo real de indicadores críticos de calidad física y química del agua para el cultivo de la trucha. Este objetivo está enmarcado dentro del trabajo de investigación de un candidato a maestría en el área de telemática y un estudiante posgrado en el área de la biología articulado al doctorado en Ciencias ambientales Universidad del Cauca. Entre las actividades a realizar se listan: - Realizar el estado del arte sobre redes inalámbricas de sensores. - Investigar las tecnologías abiertas disponibles con el fin de determinar su factibilidad para el planteamiento de la arquitectura requerida. - Definir las tecnologías que se utilizarán para el desarrollo de los servicios de monitoreo de calidad de agua. - Definir las variables a medir para el monitoreo de calidad de agua para el cultivo de la trucha. - Estudio de los métodos de medición para cada variable. - Selección de los sensores inalámbricos. - Diseño y Desarrollo de bloques hardware para la adaptación de los sensores. - Diseño de la placa de circuito impreso para sensado. - Fabricación de la placa de circuito impreso. - Diseño y Desarrollo de bloques software para el tratamiento de variables. - Diseño de la arquitectura de comunicaciones. - Diseño y desarrollo del protocolo de comunicación. - Diseño del sistema de gestión de información. - Validación de la plataforma propuesta a través de un prototipo piloto implementado en la estación piscícola de Silvia - APROPESCA. De igual forma el proyecto implementará un plan de monitoreo del recurso hídrico bajo el enfoque de gestión integral (GIRH - MAVDT, 2010) integrando la experiencia, conocimientos, saberes y recursos científico-tecnológicos de los actores involucrados, implementando un programa innovador para evaluar y monitorear la oferta hídrica asociada a las variables críticas para la producción piscícola (trucha) en el municipio de Silvia, Rio Piendamó, con enfoque investigación-acción facilitando la apropiación de instrumentos, protocolos e información. De forma general para esto se considera: ' Estandarización de protocolos y metodologías para monitoreo y seguimiento de variables críticas de calidad hídrica para la producción piscícola (trucha). ' Levantamiento de información sobre variables biológicas, fisicoquímicas e hidrológicas de los cauces principales priorizados (Rio Piendamó). ' Evaluar la influencia de las características naturales y actividades antrópicas en las condiciones de calidad y oferta. ' Generación de modelos hidrológicos en plataformas SIG y escenarios climáticos regionales (MCR) mediante programas especializados para el área de interés. ' Desarrollo de talleres participativos para la implementación del plan de monitoreo y evaluación del recurso hídrico (variables críticas de calidad hídrica para la producción de trucha) e incidencia del cambio climático. ' Construcción participativa de alternativas para la mitigación y adaptación ante eventos asociados a la variabilidad climática - Gestión del riesgo. Como transversalidad en la implementación del programa de monitoreo se considera: ' Desarrollo de trabajos de posgrado en las líneas gestión ambiental y sostenibilidad relacionadas con la administración del recurso hídrico. ' Socialización y transferencia del Sistemas de Información desarrollado. ' Articulación de actores.

Desarrollo del objetivo específico 2: Optimizar el proceso productivo orientado a la

generación de productos diferenciados mediante mecanismos de producción más limpia, con el fin de posicionar a APROPESCA en nuevos mercados nacionales e internacionales al ofrecer productos bajo esas tecnologías. Se utilizarán métodos exploratorios con el fin de conocer las características del mercado, también se incorporan métodos cuantitativos, descriptivos y concluyentes. Se realizarán las siguientes actividades: - Identificación de oportunidades de Mercado de la actividad productiva - Identificación de Actores de la Cadena relacionados con la optimización: Organizaciones empresariales, Centros de I+D, generadores de políticas, Organizaciones Interfaz. - Estudio de Mercados - Análisis de las tendencias - Definición de Segmentos y mercado objetivos - Análisis de la competencia - Análisis de los productos y del negocio - Análisis DOFA. - Definición de Objetivos y metas - Plan de Marketing - Análisis de las cuatro P (Producto, Plaza, Promoción y Precio). - Estrategias de producto, precio, distribución, posicionamiento y comunicación. - Planes de acción. - Plan de negocios. - Realizar la proyección de ventas y planificación de la producción para mercados diferenciados de APROPESCA. Para la optimización del proceso productivo se hará uso de fuentes primarias mediante la recopilación de datos e información directa (Investigación de mercado, etc) y fuentes secundarias como libros, revistas, periódicos, estadísticas y cualquier otra técnica que surja en el curso de la investigación como necesaria para el desarrollo de la misma. Incorporación de Inteligencia Competitiva "La inteligencia competitiva es un término muy reciente y consiste en el arte y la ciencia de preparar a las empresas para el futuro por la vía de un proceso de gestión del conocimiento sistemático (Díaz: 2002)". En el ámbito del proyecto la Inteligencia Competitiva adelantará la búsqueda información adecuada y pertinente proveniente de los distintos entornos de las cadenas productivas para luego convertirla en un producto para la toma de decisiones; su práctica debe brindar a los productores de pequeña escala la oportunidad de auscultar, mediante monitoreos progresivos, las demandas actuales y las tendencias futuras que ofrece el mercado para sus productos; todo esto con el fin de planear e implementar estrategias contundentes y efectivas, para enfrentarse, con nuevos modelos mentales, a un entorno de cambio permanente. Desarrollo del objetivo específico 3: Diseñar un mecanismo para la prevención y atención del riesgo a través del desarrollo de un sistema de alertas tempranas. Actividades: - Definir las tecnologías que se utilizarán para el desarrollo de los servicios de alertas tempranas. - Definir las alertas a generar en el monitoreo de calidad de agua para el cultivo de la trucha relacionadas con el plan de monitoreo. - Establecer los planes de comunicación de las alarmas a generar. - Diseñar la Arquitectura para el servicio de alertas tempranas con capacidades de comunicación fija o móvil. - Implementar un prototipo con base en los componentes especificados por la arquitectura propuesta. - Validar la arquitectura a través de un prototipo piloto acoplado a la red inalámbrica de sensores para monitoreo de calidad de agua para el cultivo de la trucha. La implementación de una estrategia para atender eventos y situaciones de riesgo que alteren las condiciones de producción debe corresponder con los componentes de

producción, los cuales serán modelados de forma integral bajo el enfoque de teoría general de sistemas (TGS) empleando la fenomenología: ' Registro e identificación de piscinas o estanques: Registrar en el sistema los estanques de engorde generando e identificando los estanques. ' Control de las características físicas químicas y biológicas del agua: Monitoreo en tiempo cercano al real de indicadores críticos de calidad física y química del agua para el cultivo de la trucha. ' Mantenimiento de Estanques: registra en el sistema todas las labores y operaciones de mantenimiento y preparación de estanques. ' Recepción de Alevines: Registro e identificación de los lotes que ingresan a la finca y distribución de los mismos en los estanques, lagos. ' Historial Clínico: Registro y control del historial clínico de cada lote basado en muestras. ' Control de Crecimiento: Registro del pesaje realizado para conocer la evolución de las siembras. ' Generación de Planes de Alimentación: Generación de la alimentación en cada uno de los estanques basado en el peso y la cantidad estimada por estanque. ' Control de Consumo: Registro de consumo de alimentos y otros insumos durante el ciclo de producción, utilizando la información de inventarios y los planes de alimentación y el historial clínico. ' Cosecha: Registro de cosecha o captura de peses en cada estanque, al final del ciclo productivo. Desarrollo del objetivo específico 4: Implementar una estrategia organizacional para dar respuesta oportuna a los eventos que alteren las condiciones óptimas de producción. En este momento metodológico se debe hacer énfasis en la implementación de herramientas empresariales como las que a continuación se mencionan: ' Direccinamiento Estratégico ' Estructura Organizacional de la empresa: Unidad de Gestión ' Organización para la producción: Mejoramiento Productivo ' Procesos de Co- innovación ' Estrategias de Micro finanzas ' Comercialización. ' Generación de competencias para la autogestión: Programa de formación para la asociatividad y el desarrollo empresarial Lo anterior considera la implementación de actividades para: ' Establecer un sistema de seguimiento, monitoreo y evaluación participativa del proyecto. ' Capacitar a líderes, técnicos, asesores de APROPESCA en el plan de monitoreo del recurso hídrico bajo el enfoque de gestión integral y manejo de la red de sensores. ' Capacitar a líderes multiplicadores de los productores en PML y prácticas sostenibles de producción para mercados diferenciados. ' Consolidar la línea base de los productores beneficiarios con información productiva y socioeconómica de sus sistemas productivos ' Desarrollar un sistema de registros en las unidades productivas para la gestión de conocimiento dentro de la organización.

**Resultados:** -

**Estrategias de Comunicaciones:** -

**Impacto:** -

**Indicadores:** -

**Observaciones:** -