

4. **Resumen ejecutivo:** Tome en cuenta la matriz de marco lógico en todo momento. Procure detallar en resultados obtenidos, elementos metodológicos y aspectos que considere importantes de la investigación. Considere también los alcances y limitaciones que se presentaron vs lo esperado.

El cultivo del camarón es una actividad común en la zona costera de nuestro país, en muchas ocasiones se ha criticado el efecto que esta actividad puede tener sobre el estuario. En este estudio se realizó el monitoreo de la calidad del agua en manglar, lagunas de abastecimiento y estanques en cuatro fincas camaroneras del sector de Colorado de Abangares, ubicadas en la región del Pacífico Norte de Costa Rica en la margen este del Golfo de Nicoya. Se desarrolló a través de muestreos realizados durante el inicio, desarrollo y cosecha entre el mes de abril y octubre. Se recolectaron muestras simples en estanque, reservorio y manglar, siguiendo los protocolos del Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater (APHA *et al*, 2005). Se realizaron mediciones in situ de OD, PSO, conductividad, pH, salinidad y temperatura utilizando una multisonda YSI556. Las muestras fueron analizadas siguiendo los protocolos establecidos en el laboratorio para Aguas y Especies Dulceacuícolas (LARED). Se observa que las concentraciones de temperatura, pH y nitratos se encuentran dentro del rango óptimo en todos los sistemas, en el caso del oxígeno disuelto, el manglar cercano a las fincas F2 y F3 presentan bajos niveles sin embargo en el reservorio aumenta la concentración del mismo. En amonio, se observan valores por encima del recomendado en los estanques de la finca F3 y F4. Las concentraciones de fosfato obtenidas en los sistemas de la finca F1, F2 y F3, y manglar y reservorio de la finca F4 se encuentran por encima de la concentración recomendada. Las pruebas estadísticas basadas en el análisis de Kruskal Wallis indicaron que la variabilidad entre el conjunto de datos entre estanque, manglar y reservorio, no fue significativo, al nivel de confianza de 95%.

5. **Justificación.** Describir la importancia o necesidad que solventó el proyecto, según el ámbito de acción y el tipo de generación de conocimiento (Técnico, científico y tecnológico)

El ecosistema que rodea a la producción camaronera es el manglar. Debido a este fuerte vínculo es necesario que las soluciones a tales amenazas partan de la formulación de programas integrales que atiendan las necesidades sociales y ambientales asociadas a la zona de manglar de la comunidad de Colorado. El funcionamiento de este ecosistema no es independiente del paisaje que lo rodea, sino que existen fuertes lazos entre los aspectos físicos y bióticos en el sostenimiento de la conectividad y movilidad de los procesos ecológicos.

Las técnicas de acuicultura necesitan de las aguas salobres de los estuarios que utilizan en sus sistemas de producción. Es por ello que el monitoreo cuidadoso de los parámetros de calidad del agua es importante para comprender las interacciones entre parámetros tanto de los sistemas de producción como el ambiente. Los registros de calidad de agua que se generaron a partir de este estudio permitirán a los acuicultores tomar decisiones para promover acciones preventivas y correctivas puedan ser realizadas rápidamente. Aunado, el proyecto procura incentivar a los productores a valorar y caracterizar los servicios ambientales que les proporciona el manglar dándole así una vital importancia, que puede servir de precedente para una posible protección.

El objetivo de monitorear la calidad del agua en manglar, lagunas de abastecimiento y estanques brotó en la necesidad de contar con información que permitiera conocer la posible interacción que tienen los sistemas de producción de camarón con el medio ambiente o

viceversa con el fin de que los productores hagan un mejor manejo del agua de estuario y una protección del manglar.

6. Planteamiento del problema. Descripción de la situación problemática

En la acuicultura cualquier característica del agua que afecte la supervivencia, la reproducción, el crecimiento o el manejo de los individuos es una variable de calidad del agua. La calidad del agua incluye todas las características físicas, químicas y biológicas que afectan la supervivencia, la reproducción, el crecimiento o el manejo (Boyd, 1998). Los estanques para producción de camarones son sistemas que están sujetos a mucha variabilidad ambiental sobre la cual se tiene poco o ningún control. Son ecosistemas de monocultivo, y por lo tanto, intrínsecamente inestables y fácilmente perturbables, que para mantenerse en equilibrio necesitan de “subsidios” como lo son los fertilizantes, la cal, los recambios de agua, y por supuesto, el alimento balanceado.

El control de variables en estanques de acuerdo a Tabora (2002) ayuda a minimizar el impacto de enfermedades y obtener altos rendimientos de sobrevivencia y reproducción. Esto se debe según Horowitz y Horowitz (2000) a la disminución de la exposición a estrés del camarón. Es por ello que la calidad del agua es uno de los primeros factores a controlar. A pesar de que la producción camaronesa en Latinoamérica ha presentado un aumento constante, la última década se ha caracterizado por una alta prevalencia de patologías de origen viral y bacteriano en los organismos de cultivo. La incidencia e impacto recurrente de las enfermedades infecciosas que afectan las producciones acuícolas, ha sido la causa de grandes pérdidas en aspectos productivos y económicos.

La aparición de enfermedades infecciosas en los sistemas acuícolas y el inadecuado manejo de los parámetros físico-químicos del agua, provoca la reducción de la producción por la alta mortalidad en camarón (Burge, *et al* 2006; Roque, *et al* 2001).

Costa Rica tiene un enorme potencial para la inversión de proyectos en acuicultura sin embargo la falta de investigación aplicada tanto en el cultivo como en el medio ambiente han hecho que se mantengan las mismas fincas y áreas de producción de camarones desde inicio de los años noventa. Los ecosistemas de manglar y los estuarios están vinculados funcionalmente por la influencia de las mareas y ganan mucha importancia dentro del contexto de productividad mundial, han proporcionado a los seres humanos recursos para la recreación, la alimentación y el sustento. (FAO, 2017). El uso de los recursos naturales en este sector debe garantizar la sostenibilidad a largo plazo, lo que significa por lo general evitar efectos negativos en el medio ambiente (Coll, Fonseca, & Cortés, 2001).

La comprensión de los procesos ecológicos que ocurren en cuerpos de agua y en estanques de cultura del camarón pueden ayudarnos a entender y resolver algunos de los problemas de enfermedades que enfrentan los camaronicultores (Kautsky et al. 2000). Las variables de calidad del agua y del suelo afectan la supervivencia del camarón y el crecimiento son factores determinantes para los brotes de enfermedades. Adverso las condiciones de calidad del agua comprometen la gestión y el aumento nivel de estrés del camarón, por lo tanto, haciéndolos más susceptibles a las enfermedades (Boyd, 1990; Kautsky et al., 2000; Seiffert et al., 2005).

7. **Marco teórico o referencial:** Analiza, expone y/o argumenta sobre teorías, enfoques o estudios que encuadran el proyecto.

La acuicultura es el sector alimentario más dinámico a nivel global experimentando una tasa de crecimiento promedio del 8,8% anual durante las últimas tres décadas. En 2010, la producción acuícola mundial alcanzó un nivel máximo sin precedentes de 60 millones de toneladas, con un valor estimado de 119 mil millones de dólares (FAO, 2012). Esta relevancia en los últimos veinte años se debe a que se presentan como una opción viable en la generación de beneficios bioecológicos, nutrimentales y socioeconómicos para los individuos, comunidades y empresas que los desarrollan. La acuicultura es la actividad que tiene como objetivo la reproducción, crianza, cultivo y comercialización de animales y plantas acuáticos (Vega–Villasante & Chong, 2006).

Aspectos de calidad del agua en acuicultura

La calidad del agua incluye todas las características físicas, químicas y biológicas que afectan el uso de la misma. En la acuicultura cualquier característica del agua que afecte la supervivencia, la reproducción, el crecimiento o el manejo de los peces es una variable de calidad del agua (Boyd, 1998). Existen variedad de características de calidad del agua en acuicultura, pero son algunas las que verdaderamente son primordiales. El conocimiento de las mismas puede ayudar a los productores en la determinación del cuerpo de agua para determinada etapa del cultivo.

Temperatura. La temperatura es uno de los principales limitantes para los procesos biológicos y químicos, en la acuicultura las especies son poiquilotermos, su temperatura se próxima a la de su ambiente, es por ello que cambios en este parámetro influye sobre la biología de los peces e invertebrados, condicionando los siguientes procesos:

- La maduración gonadal
- El tiempo de incubación de las ovas
- El desarrollo larval
- La actividad metabólica;
- El ritmo de crecimiento de las larvas, alevines y adultos.

Por lo general las reacciones químicas y biológicas se duplican cada vez que hay un aumento de 10°C en la temperatura del agua, por lo tanto un organismo acuático consume el doble de oxígeno a 30°C que a 20°C. Por esto deben considerarse las siguientes situaciones:

- El aumento de temperatura disminuye la concentración de oxígeno.
- Temperaturas altas y pH básico, favorecen que el amoníaco se encuentre en su forma tóxica.
- El consumo de oxígeno causado por la descomposición de la materia orgánica, se incrementa en la medida que aumenta la temperatura.
- A mayor temperatura los fertilizantes se disuelven más rápido y los herbicidas son más efectivos.

Según estudios realizados por la FAO, en un estanque el calor debido al sol, permite que el agua de la superficie se caliente más que el agua del fondo. Porque la densidad del agua

baja cuando la temperatura del agua sube, el agua de la superficie puede ser tan liviana que no se mezcla con el agua más pesada y fría del fondo. La separación del volumen de agua en dos capas se llama Estratificación Termal; la capa caliente superior lleva el nombre de Epilimio y la capa fría inferior Hipolimmon, la fina separación donde la temperatura cambia rápidamente, entre el Epilimio y el Hipolimmon, se llama Termoclina. (Fig 2)

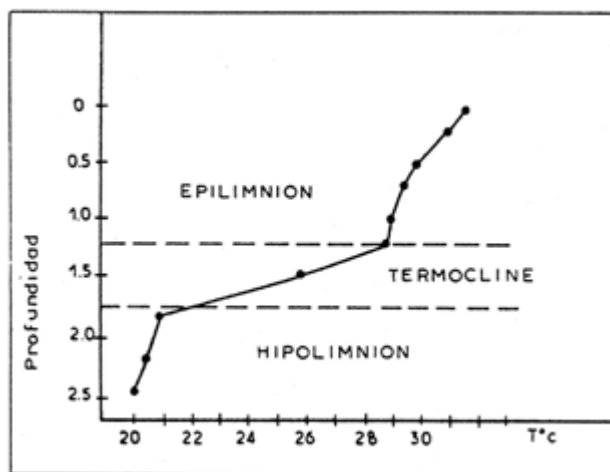


Figura 1. Estratificación termal de un estanque
(Fuente: <http://www.fao.org/docrep/field/003/ac397s/AC397S05.htm>)

Las diferentes especies de peces tienen sus rangos óptimos de temperatura (Truchas: menores a 18°C; Carpa: 18-24°C; Mojarra, Cachama, Bagre: más de 25°C), según Clifford y Hirono (1992) citados por Castro (1998), el rango óptimo de temperatura para el cultivo de camarón es de 28 a 32 °C.

pH. Los cambios de pH dentro de un mismo cuerpo de agua están relacionados con la concentración de dióxido de carbono, el cual es fuertemente ácido. Los organismos vegetales demandan dióxido de carbono durante la fotosíntesis, de tal forma que este proceso determina en parte la fluctuación de pH y es así como se eleva durante el día y disminuye en la noche.

La estabilidad del pH viene dada por la llamada reserva alcalina o sistema de equilibrio (tampón) que corresponde a la concentración de carbonato o bicarbonato. Los extremos letales de pH para la población de peces en condiciones de cultivo, están por debajo de 4 y por encima de 11, cambios bruscos de pH pueden causar la muerte.

Cuadro 2. Efecto de pH en los estanques para peces y crustáceos

pH	Efecto
4,00	Punto ácido de muerte
4,00-5,00	No hay reproducción

5,00-6,00	Lento crecimiento
6,00-9,00	Excelente crecimiento
9,00-11,00	Lento crecimiento
11,00	Punto alcalino de muerte

Salinidad. La salinidad del agua dulce es considerada como cero, pero las aguas continentales pueden poseer salinidades de 0,5 a 1,0 ppt. El agua de mar tiene una salinidad de 30 a 35 ppt y las aguas estuarinas pueden variar de 0 a 30 ppt (Vinaréa, 1997). Especies de aguas estuarinas como los camarones, pueden cultivarse en estanques cercanos a la costa y pueden tener una salinidad entre 0 y 25 ppt. Existen estudios (Boyd 1990) que evidencia que cuando la salinidad es alterada por más de un 10% en unos pocos minutos u horas, los crustáceos pueden ser incapaces de completar su proceso de muda.

Oxígeno disuelto. El oxígeno disuelto es la variable más crítica en la acuicultura. Las bajas concentraciones pueden causar atraso en el crecimiento, reducción de la eficiencia alimentaria, los cuales resultan en una disminución de la productividad. De acuerdo a Boyd (1998) conforme aumenta la temperatura y la salinidad en el agua los niveles de oxígeno disuelto disminuyen. La concentración del oxígeno disuelto puede bajar tanto que los camarones pueden morir. Sin embargo los efectos usuales del oxígeno disuelto bajo se manifiestan en crecimientos lentos o en mayor susceptibilidad frente a enfermedades. En estanques con una baja crónica en la concentración de oxígeno disuelto, los camarones comerán menos y no habrá una conversión alimenticia comparable con la de un estanque con niveles normales.

Cuadro 3. Efecto de las concentraciones de oxígeno disuelto sobre camarones

Concentración de oxígeno disuelto	Efecto
Menor de 1 ó 2 mg/L	Letal si la exposición dura más que una hora
2-5 mg/L	Crecimiento lento
5 mg/L- saturación	Mejor condición para crecimiento adecuado
Supersaturación	Puede ser dañino si las condiciones existen por todo el estanque. Generalmente no hay problema

Conforme la tasa de fertilización o de provisión de alimento balanceado se incrementa, aumenta también el fitoplancton. Esto permite una acuicultura más productiva, pero también hace que la fluctuación del oxígeno disuelto sea mayor entre el día y la noche y que su disponibilidad disminuya a mayor profundidad. Si tales tasas son muy altas, los brotes

de fitoplancton se volverán tan densos que el camarón, esto mermará su crecimiento o incluso morirá debido a la baja concentración de oxígeno. La FAO evidencia que el consumo de oxígeno en el estanque es realizado por todos los organismos aeróbicos. Según estudios en un estanque de camarones las proporciones de consumo se evidencia según el cuadro 4.

Cuadro 4. Proporción de consumo de Oxígeno en estanques

Organismos	% de consumo
Camarones	9,1
Peces	6,7
Sedimentos	14,8
Plancton	69,4

Ciclo del nitrógeno en estanques. El ciclo del nitrógeno en estanques es un proceso interesante, siendo de vital importancia conocerlo. Es un proceso biológico de transformación de ciertos elementos que, de no interrumpirse, mantendrá de manera correcta el estado del agua. En pocas palabras es la oxidación del amonio (NH_4^+) a nitritos (NO_2^-) y luego a nitratos (NO_3^-) a través de diferentes bacterias nitrificantes benéficas. De los tres compuestos más estudiados, nitritos, nitratos y amonio, el que ha llamado más la atención es amonio, el cual sobresale por ser generalmente el más tóxico.

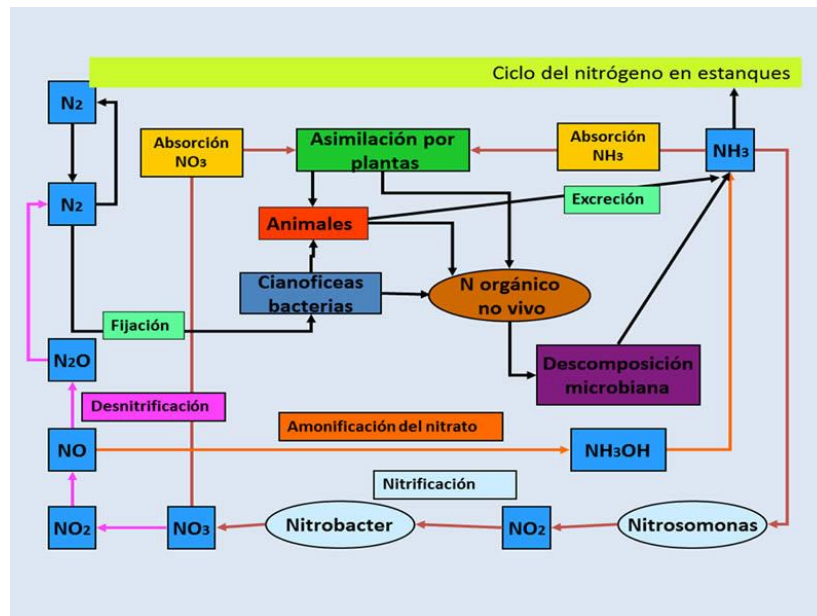
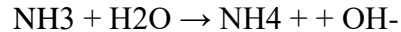


Figura 2. Ciclo del Nitrógeno
(Fuente: <http://www.balnova.com/amonio-y-ciclo-del-nitrogeno-en-estanques/>)

Amonio. El principal producto de excreción de los organismos acuáticos es el amonio, el cual es el resultante del catabolismo de las proteínas. El amonio se presenta en el agua en dos formas, amonio no ionizado (NH₃) e ion amonio (NH₄⁺), en un equilibrio que depende del pH y la temperatura:



La toxicidad del amonio en organismos acuáticos generalmente se relaciona con el amonio no ionizado. La concentración de amonio en los estanques pocas veces llega a ser letal, sin embargo es común que exista un estrés en los camarones a causa de altas concentraciones de amonio. El agua de un estanque generalmente tiene un pH de 8 y con este pH una concentración de nitrógeno de amonio de 10 mg/L probablemente no va a matar a los camarones, pero para evitar el estrés en el camarón es mejor no pasar de 2 mg/L.

El amonio excretado por los organismos acuáticos se oxida en nitrato por bacterias quimioautotróficas Nitrosomas y Nitrobacter que transforman el amonio en nitritos y luego en nitratos. Las reacciones de nitrificación son más rápidas con pH entre 7 y 8 y a temperaturas de 25 a 35 °C.

Nitrito. El nitrito es un producto intermedio de la oxidación del amonio a nitrato y puede llegar a niveles tóxicos en la acuicultura en sistemas de alta densidad de individuos. Uno de los factores que afectan la toxicidad del nitrito en los ambientes acuáticos es la salinidad; los organismos de agua dulce son más susceptibles a la toxicidad del nitrógeno inorgánico que los animales marinos (Jensen, 2003).

Nitrato. El nitrato está presente en los sistemas acuícolas debido a la nitrificación y particularmente, como consecuencia de la adición de microalgas que se emplean en algunos casos como fuente de alimentación. Los nitratos son la principal fuente de nitrógeno en la mayoría de los medios de cultivos de microalgas y usualmente se proporciona en exceso para asegurar el crecimiento algal adecuado. Consecuentemente, el nitrato no asimilado es añadido en el el cuerpo de agua. Esta práctica es común en los cultivos de larvas para peces, moluscos y crustáceos. Los nitratos, tienden a acumularse debido a la ausencia de los procesos que normalmente remueven los nitratos. En algunos de estos sistemas semi-cerrados o cerrados se ha involucrado a los métodos biológicos a partir de la asimilación y la denitrificación. (Frías E. y Páez O)

Fósforo. Generalmente el fosfato es el nutriente limitante para la productividad fitoplanctónica en los estanques acuícolas. Los suelos del fondo del estanque absorben fuertemente el fósforo y debido a su insolubilidad, el fósforo sujeto al suelo tiene poca disponibilidad para el fitoplancton. La solubilidad del fósforo total del agua está relacionada a muchos factores incluyendo el hierro, aluminio, concentraciones de calcio, pH y contenido de arcilla. La capacidad de absorción del fósforo del suelo se incrementa en función del contenido de arcilla del suelo, de tal manera que el potencial del suelo de absorber fósforo se ve incrementada al incrementarse el contenido de arcilla.

El contenido de fósforo de los piensos utilizados en acuicultura varía entre un 1% y un 1,6%. El fósforo contenido en las aguas residuales de acuicultura puede presentarse bajo dos formas particulada y disuelta. Aproximadamente el 23% es excretado como material disuelto y el 77% como material particulado. La fracción de fósforo particulada sedimenta sobre el fondo donde es secuestrada. Posteriormente, mediante procesos de deadsorción y

biológicos, entre el 7% y el 64% de este fósforo se solubiliza y pasa a la columna de agua (Pérez P, 2005 mencionado por Benkaddour S. 2006).

Sólidos. En un estanque se pueden encontrar sólidos tales como alimento no digerido, heces fecales, algas, y bacterias muertas. Estos sólidos pueden presentar efectos adversos a la calidad de agua, ya que su descomposición consume oxígeno y cuando hay condiciones anaerobias produce amonio y sulfuro de hidrógeno (Alatorre, 2007). Se puede clasificar los sólidos en tres divisiones:

Sólidos suspendidos, son finos y no se sedimentan fácilmente.

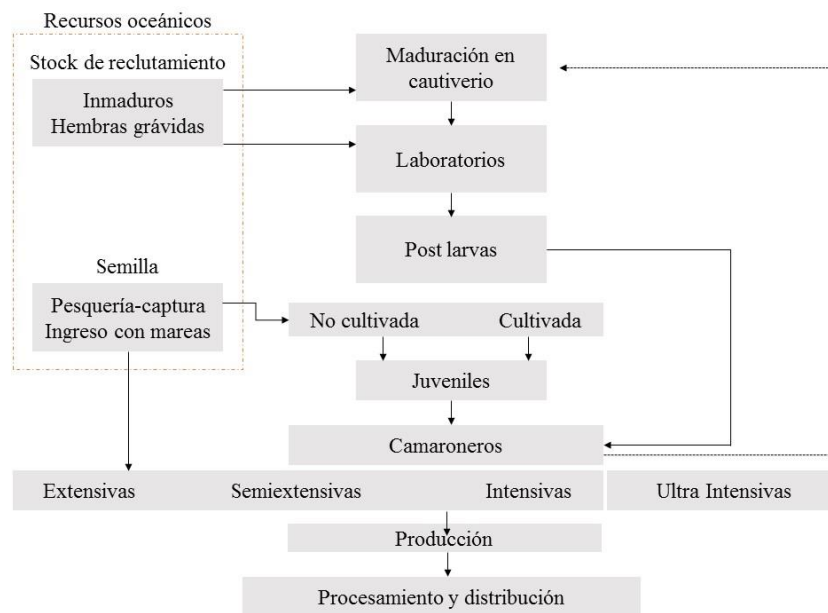
Sólidos sedimentables, son aquellos que fácilmente se sedimentan por acción de la gravedad.

Sólidos disueltos, son partículas de tamaño molecular o atómico.

De los tres mencionados, el más importante de quitar del sistema son los sedimentables de tal forma que no se fragmenten y formen s. suspendidos los cuales son más difíciles de remover.

Proceso de producción de camarón. La cría de camarón es dependiente de las fuentes de semillas de camarón; sitio para las piscinas de crecimiento, con acceso fácil al agua de calidad y cantidad adecuadas; alimento y mano de obra barata, existencia de plantas procesadoras y embarque de camarón cercanos. La figura 1 muestra las fases del ciclo de producción en la industria de la acuicultura del camarón.

Figura 3. Proceso de producción de camarón
(Fuente: Adaptado de Tobey J., Clay J y Verge P, 1998)



Entre los recursos fundamentales que se utilizan en la camaronicultura está la tierra, las semillas, la fertilización y la alimentación:

Tierra, en Latinoamérica el costo del suelo o humedal para camaronera es frecuentemente insignificante. En Costa Rica el suelo intermareal, incluido los manglares, son de propiedad pública que puede ser arrendada por un precio nominal.

Stock de semillas, pueden provenir de tres tipos de fuente: 1. Padres criados en cautividad para producción, 2. Captura de hembras ovadas para desove y 3. Recolección de postlarvas silvestres para la siembra. *Penaeus vannamei* (camarón blanco) es la especie predominante en Latinoamérica, alcanza cerca del 90% de la producción.

Fertilización, este proceso tanto orgánico como inorgánico procura mantener los niveles de fitoplancton para promover adecuados niveles de oxígeno y así aumentar la producción de camarón. Los fertilizantes más utilizados han sido urea, nitrato de sodio y nitrato de amonio. Alimentación, uno de los costos más significativos en la producción. La alimentación se basa en pellets compuestos por harina de pescado. En la acuicultura intensiva los camarones son alimentados tres veces su peso a la cosecha, estas proporciones son unas de las causas de impacto en la descarga camaronera

Procesamiento del camarón, la cosecha de camarón se realizan de dos a tres veces al año, comprende el descabezado, pelado, limpio/desvenado, seleccionado, empacado y distribución.

8. Metodología. Caracteriza la orientación o guía de cómo se va a realizar la investigación.

Descripción del área de estudio. El proyecto se llevó a cabo en cuatro fincas camaroneras del sector de Colorado de Abangares, ubicadas en la región del Pacífico Norte de Costa Rica en la margen este del Golfo de Nicoya. En la figura 1 se evidencia la localización de cada una de las fincas en estudio.

El sistema de cultivo se caracterizó por las bajas densidades de siembra y un manejo limitado de la calidad del agua. Esta modalidad de cultivo es la que más se practica en la zona. Existen dos maneras de siembra, la primera que consiste en siembra directa en un estanque en donde se desarrollarán y cosecharán los camarones; la segunda aplica la metodología “TriFull” en donde tienen un estanque de cría y luego se trasladan a estanques de engorde. El recambio que se aplica es por el nivel de mareas y se usa fertilizante para mejorar la alimentación natural.

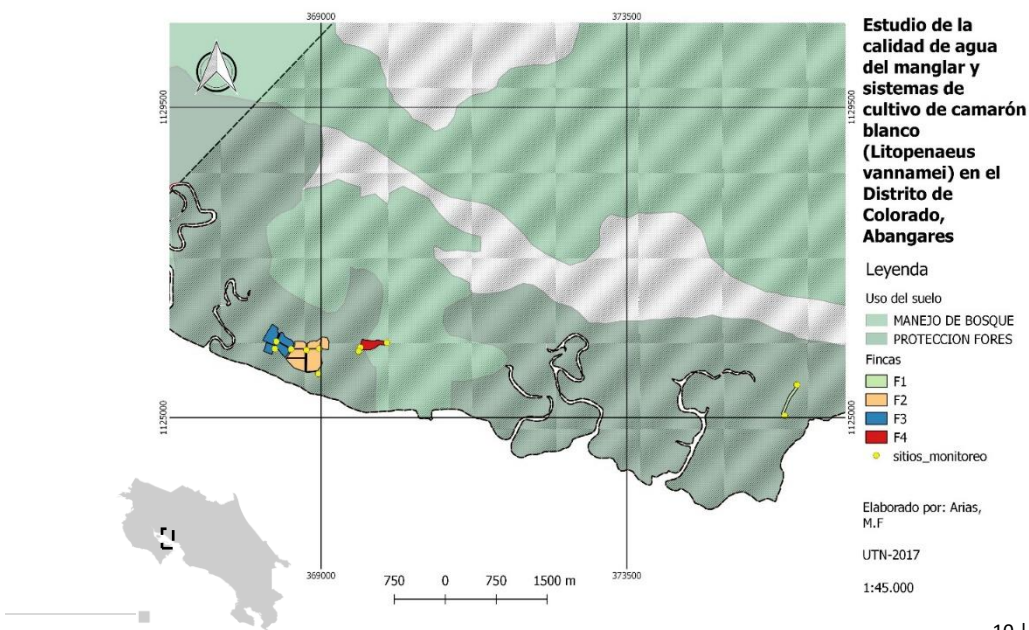


Figura 1. Localización geográfica de los sitios de monitoreo

El cultivo corresponde a *Litopenaeus vannamei*, especie nativa del pacífico tropical americano con capacidad de adaptación a altas densidades de población. Tiene un buen crecimiento y tolera diferencias de salinidades en rangos más amplios que otras especies.

Frecuencia del muestreo. Se desarrolló a través de muestreos realizados durante el inicio, desarrollo y cosecha entre el mes de abril y octubre. Se recolectaron muestras simples en estanque, reservorio y manglar, siguiendo los protocolos del Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater (APHA *et al*, 2005). Se realizaron mediciones in situ de OD, PSO, conductividad, pH, salinidad y temperatura utilizando una multisonda YSI556. En cada finca se recolectaron 6 muestras, 3 en galones de plástico de 3,7 L y 3 en botellas de 1L previamente lavadas con HNO₃ 1+1; ambas fueron conservadas a temperaturas entre 4-10°C y fueron transportadas al laboratorio para su posterior análisis.

Análisis de ensayos. Las muestras fueron analizadas siguiendo los protocolos establecidos en el laboratorio para Aguas y Especies Dulceacuícolas (LARED). Para el análisis de la demanda química de oxígeno la muestra de agua se oxidó con una solución sulfúrica caliente de dicromato potásico y sulfato de plata como catalizador. Se determinó la concentración de iones de cobre (III) a una longitud de onda de 600nm utilizando un espectrofotómetro Aquamate. El amonio fue analizado mediante el método espectrofotométrico en el cual en medio alcalino, el amonio presente en la alícuota de la muestra reaccionó con el salicilato e hipoclorito de sodio para dar un compuesto indofenólico verde esmeralda, cuya intensidad de color fue medida a 655nm. Para los fosfatos se siguió el método por ácido ascórbico Hach 8048 espectrofotométrico, el cual en un medio ácido el anión fosfato y el molibdeno amónico en presencia de tartrato de potasio y antimonio, generan ácido fosfomolibdico el cual es reducido mediante ácido ascórbico generando una coloración azul a una longitud de onda de 890 nm. El método espectrofotométrico de diazotización Hach 8507 se utilizó para la determinación de nitritos, en medio ácido se da la diazotación de la sulfamilamida, formándose un catión de diazonio incoloro, la copulación del catión con el clorohidrato de NED da resultado a un colorante azoico fucsia, cuya intensidad es medida a 507nm. Los nitratos fueron analizados por el método espectrofotométrico de reducción por cadmio Hach 8192, en el cual el nitrato es reducido a nitrito utilizando cadmio como agente reductor. El nitrito fue determinado mediante la formación de un compuesto azo de color fucsia en la alícuota de muestra, cuya intensidad de color es medida a 520 nm. Por último los sólidos disueltos y suspendidos fueron determinados por el método gravimétrico 2540C y 2540D, respectivamente, en el cual los sólidos disueltos se determinaron mediante filtración y evaporación de la muestra a 180 °C y en los suspendidos, la muestra fue filtrada a través de un filtro de fibra de vidrio acondicionado y el residuo retenido fue secado a 103-105°C.

Análisis estadístico. Se determinó la calidad del agua en el manglar, reservorio (laguna de abastecimiento) y estanques haciendo uso de estadística descriptiva y un análisis de varianza no paramétrica: Kruskal Wallis, para la diferencia promedia de los tipos de agua entre cada

sistema si estableció la hipótesis H0: Los parámetros de la calidad de agua proveniente de manglar, laguna de abastecimiento y estanque de cultivo, poseen igual concentración entre los distintos sistemas; y H1: Los parámetros de la calidad de agua proveniente de manglar, laguna de abastecimiento y estanque de cultivo, no poseen igual concentración entre los distintos sistemas. Para cada análisis se utilizó el programa de Di Rienzo, *et al* (2008).

9. Grupo meta. Refiere al sector productivo o grupo social beneficiario.

Camaroneras en el sector de Colorado de Abangares

10. Cuadro de cumplimiento

Elemento		Indicadores objetivamente verificables	Fuentes de verificación	Grado de avance en porcentaje
Objetivo general	Evaluar la calidad del agua en manglar y estanques de cultivo de camarón blanco mediante análisis de los parámetros fisicoquímicos que genere conocimiento entre ambiente y producción.	Determinación de la calidad de las aguas del cultivo de camarón durante su producción	Informe final del proyecto	100
Objetivos específicos	1. Caracterizar fisicoquímicamente las aguas derivadas de manglar, laguna de abastecimiento y estanques de cultivo de camarón. 2. Evaluar la variación temporal de la calidad del agua en manglar, laguna de abastecimiento y estanques de cultivo de camarón.	1. Concentración de Indicadores de calidad de agua obtenidos durante los muestreos. 2. Análisis estadístico	Resultados de pruebas fisicoquímicas	100
Resultados (Productos esperados)	R1: Caracterización de la calidad del agua en manglar, laguna de abastecimiento y estanques de cultivo de camarón. R2: Tendencias de cada parámetro con gráficos de variaciones en función de tiempo			100
Actividades	1.1 Establecimiento del diseño de monitoreo 1.2 Realización de monitoreo 1.3 Realización de análisis de laboratorio 1.4 Cuantificación de datos 2.1 Análisis estadístico 2.2 Elaboración de diagramas y gráficos 2.3 Interpretación de datos 2.4 Análisis de variables 2.5 Análisis de proceso productivo 2.6 Comparación de los resultados de calidad de agua obtenida en cada finca			100

11. Listado de productos obtenidos: Refiere a aquellos resultados concretos tangibles e intangibles que se lograron con el proyecto. Ej. Reducidas las plagas en un 80% anual, mejoradas las técnicas productivas de tres organizaciones arroceras, recuperada la capacidad productiva de la tierra.

En el cuadro 1 se muestra los valores promedios de cada uno de los parámetros estudiados en cada finca. Se muestra los valores para estanques (E), reservorios (R) y manglar (M) cercano a la toma de agua para cada finca.

CUADRO 1

Valores promedios para parámetros físico-químicos en las fincas en estudio y los manglares aledaños a la toma de agua

Finca Sitio de muestreo*/ Parámetros	F1			F2			F3			F4		
	E	M	R	E	M	R	E	M	R	E	M	R
Temperatura (°C)	32,24 ±2,65	28,38 ±5,83	32,20 ±2,23	31,73 ±2,63	31,70 ±3,58	33,04 ±5,14	29,75 ±0,12	29,94 ±1,82	29,72 ±1,13	31,85 ±2,70	31,05 ±2,29	31,67 2,34
pH	7,35 ±0,88	7,16 ±0,31	7,50 ±0,79	7,74 ±0,66	7,32 ±0,29	7,54 ±0,81	7,52 ±1,41	7,24 ±0,59	6,91 ±1,07	7,37 ±1,24	7,12 ±0,71	7,49 ±0,57
Oxígeno disuelto (mg/L)	5,22 ±3,13	2,62	4,06 ±1,06	4,25	2,26	4,35	4,03 ±1,17	2,04 ±0,74	4,50 ±0,38	4,71 ±1,40	3,60 ±1,03	4,65
PSO (%)	55,20	43,60	68,75 ±11,81	68,40	34,30	69,50	63,30 ±1,17	33,30 ±0,74	75,10 ±14,71	76,40 ±19,80	58,3 ±19,23	75,50
Conductividad (µS/cm)	64677 ±24439	62609 ±23650	63226 ±24535	70017 ±20482	67265 ±29090	71120 ±24807	55347 ±29548	61274 ±23730	62468 ±23441	51547 ±20152	56579 ±13833	41645 ±27475
Salinidad (ppt)	41,15 ±15,97	39,78 ±16,39	39,31 ±17,01	43,22 ±15,61	42,16 ±21,59	44,23 ±18,74	29,34 ±21,89	36,19 ±18,91	32,62 ±23,28	37,06 ±11,24	34,96 ±14,63	33,06 ±15,64
Demanda química de oxígeno (mg/L)	11791 ±8727	8725 ±3855	7972 ±4183	9968 ±1805	8174 ±4630	7435 ±4326	14014 ±9215	5530 ±1853	6391 ±1756	5940 ±5279	3676 ±1153	4762 ±1311
Amonio (mg/L)	0,07 ±0,03	0,07 ±0,04	0,08 ±0,04	0,12 ±0,16	0,03 ±0,01	0,09 ±0,09	0,33 ±0,05	0,03	0,06 ±0,03	0,27 ±0,41	0,04 ±0,01	0,03
Fosfatos (mg/L)	0,34 ±0,13	0,37 ±0,41	0,31 ±0,14	0,26 ±0,15	0,25 ±0,12	0,21 ±0,07	0,40 ±0,06	0,31 ±0,11	0,21 ±0,06	0,18 ±0,12	0,51 ±0,23	0,25 ±0,08
Nitratos (mg/L)	0,050	0,031	0,030 ±0,01	<0,002	0,062 ±0,01	0,015 ±0,01	0,150	0,026	0,058	<0,002	0,078	0,048
Sólidos disueltos (mg/L)	42263 ±15969	38132 ±11204	39422 ±14282	34741 ±6727	29992 ±6578	34745 ±5109	33546 ±5738	33502 ±3439	32149 ±140	31897 ±4921	28609 ±818	21577 ±7274
Sólidos suspendidos (mg/L)	750 ±242	713 ±135	709 ±215	596 ±257	603 ±180	393 ±130	548 ±120	544 ±90	554 ±86	503 ±205	389 ±44	479 ±211

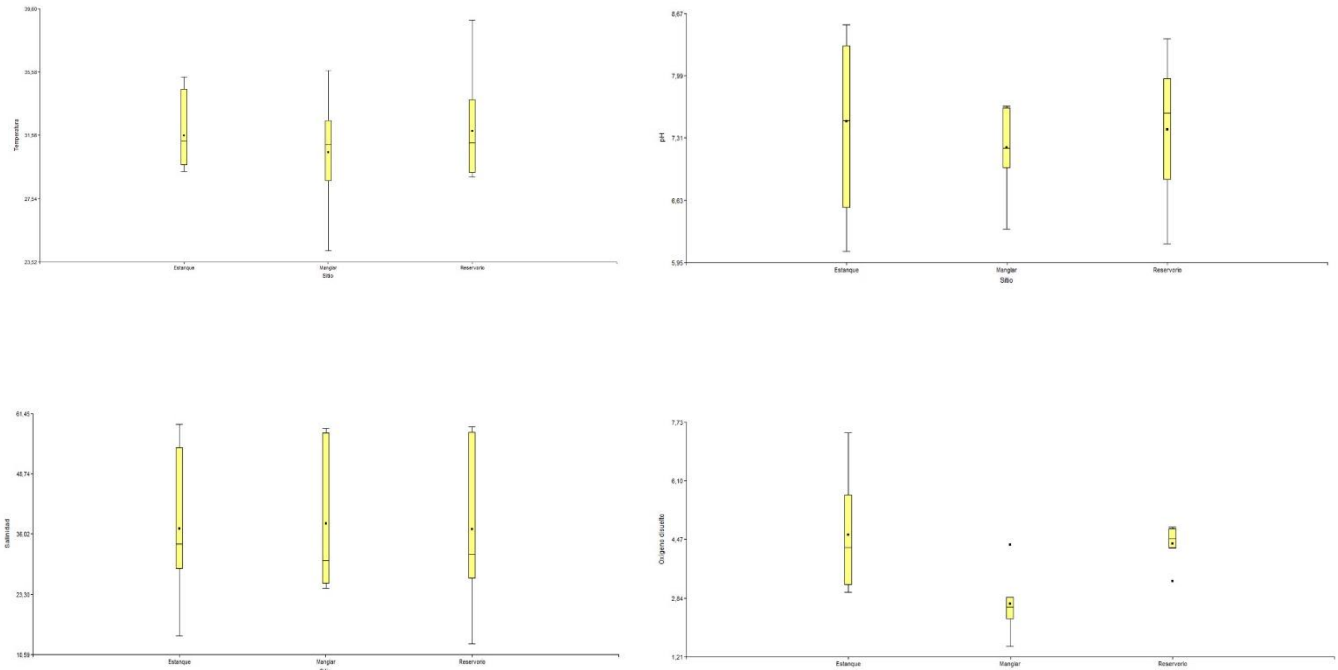
En el cuadro 2 se muestra los valores de p-value obtenidos al aplicar el análisis de varianza no paramétrica de Kruskal Wallis.

CUADRO 2

Análisis de varianza no paramétrica de parámetros físicos y químicos mediante la prueba de KruskalWallis

Finca Parámetros	p-value	
	Entre sistemas	Entre fincas
Temperatura	0,6917	0,3355
pH	0,6214	0,8637
Oxígeno disuelto	0,0151	0,8285
PSO	0,0241	0,6208
Conductividad	0,9507	0,3502
Salinidad	0,9885	0,2482
Demanda química de oxígeno	0,2123	0,0197
Amonio	0,1752	0,1392
Fosfatos	0,4248	0,6384
Sólidos disueltos	0,6333	0,0578
Sólidos suspendidos	0,8305	0,0554

En la figura 1 mediante diagramas de caja se muestra la distribución de temperatura, pH, salinidad y oxígeno disuelto en cada sitio en estudio.



)

aisueito entre los sistemas en estudio.

12. **Análisis de la información:** En este apartado es importante tomar en cuenta algunas tablas o figuras que permitan identificar mejor los procesos investigativos.

El cultivo del camarón es una actividad común en la zona costera de nuestro país, en muchas ocasiones se ha criticado el efecto que esta actividad puede tener sobre el estuario, sin embargo, estudios realizados han demostrado que existe un gran deterioro de las aguas del Golfo de Nicoya no solo por las actividades que se realizan en la zona sino debido a la eliminación de nutrientes, sustancias orgánicas y químicas provenientes de efluentes agrícolas cuencas arriba (Arias-Andrés *et al.*, 2014)

Los ambientes costeros pueden sufrir de agotamiento de oxígeno, reducción de la transparencia, cambios en la macrofauna bentónica y eutrofización (Casillas-Hernández *et al.*, 2007; Hopkins *et al.*, 1995; Páez-Osuna, 2001).

Una suficiente cantidad de agua con buenos parámetros de calidad es esencial para cualquier proyecto de acuicultura. La calidad de agua afecta reproducción, crecimiento y sobrevivencia en los organismos acuáticos. El criterio de calidad de agua está sujeto al tipo de organismo que se desea cultivar (Chien, 1992).

Chávez (2008) describe los rangos recomendados de parámetros esenciales de calidad del agua para el cultivo de camarón. Establece que la temperatura puede oscilar entre 18-33°C, pH entre 7-10, oxígeno disuelto entre 2,5-10 mg/L, el amonio menor a 0,2 mg/L, el nitrato entre 0,4-0,7 mg/L, el fosfato entre 0,01-0,20 mg/L.

Según los valores descritos anteriormente y los datos obtenidos en el cuadro 1 se observa que las concentraciones de temperatura, pH y nitratos se encuentran dentro del rango óptimo en todos los sistemas, en el caso del oxígeno disuelto, el manglar cercano a las fincas F2 y F3 presentan bajos niveles sin embargo en el reservorio aumenta la concentración del mismo. Este parámetro debe ser monitoreado constantemente ya que estos valores provocan un crecimiento lento de los crustáceos y estimula la mortalidad (Páez-Osuna, 2001), además ha sido reportado que el efecto de la hipoxia en crustáceos reduce el Conteo Total de Hemocritos (THC) y esto provoca el aumento de susceptibilidad a patógenos (Cheng *et al.*, 2002; Le Moullac *et al.*, 1998).

Para el caso del amonio (cuadro 1), se observan valores por encima del recomendado en los estanques de la finca F3 y F4. Altas concentraciones de amonio afectan el crecimiento del camarón, muda, consumo de oxígeno y excreción (Chen & Kou, 1992; Chen & Lin, 1992). Frías-Espéricueta *et al.* (2000) sugieren 1,22 mg/L como un nivel “seguro” para el cultivo de postlarva de *L. vannamei*.

Las concentraciones de fosfato obtenidas (cuadro 1) en los sistemas de la finca F1, F2 y F3, y manglar y reservorio de la finca F4 se encuentran por encima de la concentración recomendada por Chavez (2008) sin embargo Nunes *et al.* (2005) demuestran que el fosfato puede ser menor 0,5 mg/L, en este caso el manglar aledaño a la finca F4 se encuentra cercano a este nivel. Este compuesto es esencial para la vida acuática porque su función de nutriente actúa particularmente en procesos metabólicos durante la vida del crustáceo para almacenamiento de energía y estructura en la membrana celular (Esteves, 1998). Los nutrientes participan en una importante función dentro del mantenimiento de los ecosistemas acuáticos, pues fungen como nutrimentos esenciales para el sistema biótico, en lo que corresponde al inicio de la cadena alimentaria (Parsons y Takahashi 1976, Nixon *et al.* 1986, Nixon 1987, Staver *et al.* 1996, Acuña *et al.* 1998, Forja *et al.* 2003, Arrigo 2005). Las pruebas estadísticas basadas en el análisis de Kruskal Wallis, aplicadas a los valores obtenidos de parámetros físicos y químicos en los en los sitios de monitoreo (Cuadro 1), indicaron que la variabilidad entre el conjunto de datos entre estanque, manglar y reservorio, no fue significativo, al nivel de confianza de 95%. Los promedios para los parámetros de temperatura, pH, conductividad, salinidad, demanda química de oxígeno, amonio, fosfatos sólidos disueltos y sólidos suspendidos, no fueron sustancialmente diferentes entre cada sistema dentro de la finca (Cuadro 2), por lo que el promedio indicado, puede tomarse como una característica de los sistemas, bajo las condiciones típicas que prevalecieron durante el muestreo efectuado en este estudio. Sin embargo para el oxígeno disuelto y el PSO si se evidencia la existencia de diferencia significativa entre cada sistema.

En la figura 2 se observa las variaciones que poseen la temperatura, pH, salinidad y oxígeno disuelto. La diferencia entre cada sistema conlleva a la dinámica fisicoquímica y biológica. Según Lara-Domínguez y Yáñez-Arancibia (1999) un aspecto importante de los ecosistemas de manglar, es que sus parámetros físicos son altamente variables tanto dentro como entre el sistema de raíces, se pueden registrar amplios rangos de salinidad, temperatura, fuerza de la marea y turbidez. Esto respalda la alta desviación estándar que existe en cada parámetro tomado en los sistemas. Para conocer las funciones de los manglares es necesario el seguimiento de procesos físico-ambientales de la zona costera como son: 1) las condiciones fisicoquímicas del agua (transparencia, nutrientes, salinidad, temperatura), 2) Latitud geográfica, 3) batimetría y tipos de sedimentos, 4) meteorología y clima, 5) descarga de los ríos, 6) rangos de marea y variación del nivel del mar, 7) lagunas costeras y estuarios adyacentes, 8) dinámica de interacción entre los estuarios y el mar.

En un estudio realizado por Rajeeb *et al*, 2018 concluyen que el desarrollo futuro de la cría de camarones requiere responsabilidad práctica para mejorar la eficiencia operativa y ayudar a prevenir el derroche uso de agua y deterioro de la calidad del agua del estanque. Presupuesto de agua, el uso del agua dependiente de la densidad y el monitoreo de la calidad del agua son tres requisitos principales para mejorar el rendimiento de la acuicultura. Además, los sistemas de cultivo con intercambio de agua bajo a moderado, sirven para mantener la calidad del agua adecuada para el crecimiento del camarón, mejora la eficiencia del uso del agua y ayuda a minimizar la cantidad de carga de sedimento y salidas de efluentes. Ray *et al*, 2011 demuestran que la simple gestión y las consideraciones de ingeniería como el intercambio mínimo intensivo en sistemas de cultivo de camarón pueden tener beneficios en la dinámica química.

El monitoreo continuo de los parámetros físicos, químicos y biológicos del estanque, el efluente y las aguas de entrada no solo ayuda a predecir y controlar las condiciones negativas para el cultivo del camarón, sino que también evita los daños ambientales y el colapso del proceso de producción. Si la calidad del agua no es buena, la productividad disminuye y se incrementa la mortalidad debido a la propagación de enfermedades facilitada por la disminución de la reacción del sistema inmunológico de los animales, lo que lleva finalmente a una reducción de las ganancias económicas para los productores.

Dentro de los peligros asociados a la dinámica manglar-camaronera no se evidencia la presión sobre el manglar por contaminación por la calidad de agua según los parámetros estudiados. Si bien la actividad camaronera puede ser un foco de contaminación, la situación se vuelve más compleja cuando no se considera la realidad social y económica de muchos de los pobladores de las comunidades asociadas a los manglares, que por generaciones han dependido de los recursos que éste les provee.

13. **Principales hallazgos:** Identificar algunas líneas que se desprendan de su investigación, que permitan generar nuevas investigaciones.

De acuerdo con las evaluaciones realizadas utilizando la medición de parámetros en fincas acuícolas y ambientes naturales aledaños en Colorado de abangares no se evidencia una relación de estrés entre el manglar, estanque y reservorio, este estudio muestra que no existe diferencia significativa entre los parámetros medidos exceptuando el oxígeno disuelto entre los sistemas y los sólidos disueltos y suspendidos entre las fincas, que son factores en los que estadísticamente existe diferencia. Basados en los resultados se recomienda realizar estudios a nivel biológico y microbiológico tanto en el manglar como en los estanques. Además a las fincas se les insta a un monitoreo continuo de los parámetros físicos, químicos y biológicos del estanque, el efluente y las aguas de entrada no solo para ayudar a predecir y controlar las condiciones negativas para el cultivo del camarón, sino que también evita los daños ambientales y el colapso del proceso de producción, para ello pueden utilizar diferentes herramientas de manejo que les facilite la interpretación de los datos.

14. Ejecución presupuestaria

Rubro	Recursos Institucionales		Recursos contraparte		Porcentaje de ejecución
	Presupuestado	Ejecutado	Presupuestado	Ejecutado	
10702			200.000,00	200.000,00	100,00
10899			500.000,00	400.000,00	80,00
20199			800.000,00	800.000,00	100,00
20401			480.500,00	480.500,00	100,00
20402			434.000,00	433.896,00	99,97
29902			200.000,00	200.000,00	0,00

15. Avalado por:

Firma, Director de Investigación

Firma, Decano de sede

Firma, Vicerrector de Investigación