

## EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA Y DE LOS SEDIMENTOS EN EL HUMEDAL CORRAL DE PIEDRA, GUANACASTE, COSTA RICA

Daniela Rojas Cantillano<sup>1</sup>, Juana María Coto Campos<sup>2</sup>, Cristina Benavides Benavides<sup>2</sup>, Viviana Salgado Silva<sup>2</sup> y Jairo Jiménez Torres<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro de Recursos Hídricos para Centroamérica y el Caribe, Sede Regional Chorotega, Universidad Nacional. drcantill@gmail.com

<sup>2</sup>Laboratorio de Manejo del Recurso Hídrico, Escuela de Química, Universidad Nacional. juanamaría.coto@gmail.com, cristinabenavidesb@gmail.com,

vivianaes.salgado@gmail.com

<sup>3</sup> Sede Regional Chorotega, Universidad Nacional. jairo06@gmail.com.

### Resumen

El Humedal Corral de Piedra se ubica en Distrito de San Antonio del Cantón de Nicoya, Provincia de Guanacaste y es una extensión del sitio Ramsar Palo Verde. En sus inmediaciones se encuentra el poblado de Corral de Piedra, habitado por 19 familias cuyas actividades están íntimamente relacionadas con el humedal.

En este estudio, desarrollado como insumo para el diagnóstico socioambiental de la zona, se determinó que las aguas del río Corral de Piedra y del Humedal son de buena calidad, ubicándose para la mayoría de los parámetros en la Clase 1 establecida en el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Aguas Superficiales (Poder ejecutivo, 2007). No obstante, desde la perspectiva de la demanda química de oxígeno y de la concentración de grasas y aceites, las aguas del río se ubican en las Clases 4 y 5, lo que determina la necesidad de controlar posibles aportes de contaminantes de origen doméstico o comercial. De acuerdo con el Sistema Holandés de Valoración de la Calidad Físico Química del Agua para Cuerpos Receptores (Poder Ejecutivo, 2007), el río Corral de Piedra se clasifica con contaminación moderada.

El lecho sedimentario, la poca pendiente y escasa turbulencia del río Corral de Piedra son condiciones que favorecen el elevado contenido de materia orgánica presente en los sedimentos ribereños, así como la predominancia de las fracciones limo, arcilla y textura fina.

Los pobladores de Corral de Piedra están traduciendo en acciones positivas sus conocimientos, creencias y valores en relación con el ambiente y con el recurso hídrico en particular, en procura de una comunidad sustentable.

**Palabras Clave:** Humedal, Corral de Piedra, calidad de aguas, composición de sedimentos

### Introducción

En Costa Rica existen unas 350.000 hectáreas de humedales, que corresponden a un 7% del total de su territorio (Gamboa, 2010); uno de ellos es el Humedal Corral de Piedra que se ubica en la desembocadura del Sistema Estuarino del río Tempisque, en el distrito de San Antonio del Cantón de Nicoya. Pertenece al Área de Conservación Tempisque (ACT) del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) y se compone de tierras que se inundan parcial o totalmente, con fluctuaciones en el nivel del agua a lo largo del año. En él se encuentra gran cantidad de aves acuáticas, algunas en peligro de extinción como la espátula rosada (*Platalea ajaja*), el galán sin

ventura (Jabiru mycteria) y el ibis blanco (Endocimus albus), las cuales dependen de ese hábitat para su supervivencia. Por esta razón, mediante el Decreto Ejecutivo N° 22898-MIRENEM este humedal fue declarado Área Silvestre Protegida y posteriormente se estableció como una extensión del sitio Ramsar Palo Verde (Umaña, 2007).

Colindante con el humedal se encuentra el caserío de Corral de Piedra, donde habitan 19 familias cuya vida está íntimamente relacionada con este, ya sea porque dependen de él para su subsistencia o porque sus actividades lo pudieran impactar. Los habitantes del caserío perciben que las actividades antropogénicas constituyen un factor de riesgo para el humedal, lo cual podría incidir negativamente en la calidad del ecosistema y en la calidad de vida de los pobladores.

El Laboratorio de Manejo del Recurso Hídrico (LAMRHI), de la Escuela de Química de la Universidad Nacional, decidió ejecutar en la zona un proyecto de investigación-extensión que pretende desarrollar un modelo de gestión integrada comunitaria del recurso hídrico con participación comunitaria. La evaluación de la calidad de las aguas y de la composición de los sedimentos de los cuerpos de agua de la zona es un insumo fundamental para el diagnóstico socioambiental que se desarrolla como parte de ese proyecto.

### **Perfil de la zona de estudio**

El Humedal Corral de Piedra, con aproximadamente 2.850 hectáreas, forma parte de las subcuencas media y baja de los ríos Tempisque y Bebedero. El clima que predomina es el tropical seco con dos estaciones: la seca que se presenta en los meses de diciembre a marzo y la lluviosa que comprende los meses de mayo a octubre. La precipitación media anual es cercana a los 2.000 mm (IMN, 2010).

El área incluye planicies y serranías de poca elevación con lagunas interconectadas, sujetas a inundaciones estacionales de gran magnitud. El Cerro Corral de Piedra, constituido principalmente por material calizo, y un manglar situado en el margen derecho del río Tempisque, forman parte del humedal (Trama, 2005).

La mayor parte de su territorio está constituido por fincas privadas (28 fincas), las cuales se dedican principalmente a la ganadería y se encuentran bajo la protección del Estado, según el Decreto Ejecutivo 22898 del 03 de febrero de 1994 (Registro Nacional, 2011). También se cultiva arroz, piña, caña de azúcar y en menor proporción, frijol y maíz. Al ser el humedal una zona protegida, la cacería, la pesca y la extracción de plantas u otras especies están prohibidas, sin embargo dentro de los principales problemas ambientales reportados por el ACT, estos encabezan la lista (Gamboa, 2010).

El caserío Corral de Piedra está asentado al pie del cerro del mismo nombre, en las orillas de extensas lagunas, esteros y manglares en la ribera del río Tempisque, en la zona de amortiguamiento del Humedal Corral de Piedra. Cuenta con los servicios básicos de alumbrado público, acueducto construido en 1998 y administrado por una asociación en vías de constituirse en una Asociación Administradora de Sistemas de Aguas Potable y Saneamiento (ASADA), con iglesia católica, salón comunal, plaza de deportes, escuela pública y una estación biológica del MINAE.

En la comunidad destaca la asociación que administra el suministro de agua como un grupo comprometido, informado, con deseos de superación y de vinculación con instituciones que puedan colaborar en la mejora del acueducto, de la calidad del agua y del servicio. Por otra parte está Juventud con una Misión (JUCUM), una organización cristiana misionera sin fines de lucro que promueve la participación en la vida comunal de jóvenes voluntarios de otras nacionalidades.

También existe un grupo organizado de mujeres que elabora bisutería con semillas y materiales propios de la zona, lo que permite ingresos adicionales a los hogares, así como el intercambio cultural con grupos similares de otras partes del país, ya que participan en ferias nacionales; muchos de sus productos son enviados al extranjero. Hay grupos deportivos y de la iglesia católica, los cuales también contribuyen a fortalecer el tejido social de la comunidad.

El único centro educativo de Corral de Piedra es de primaria unidocente, cuenta con diez estudiantes y posee internet inalámbrico. Las características señaladas pueden facilitar que la escuela se constituya en una institución modelo y en un medio difusor de prácticas armoniosas con el ambiente. Los jóvenes van al colegio ubicado en el poblado de Corralillo; algunas personas de edad escolar también asisten a la primaria en esa localidad.

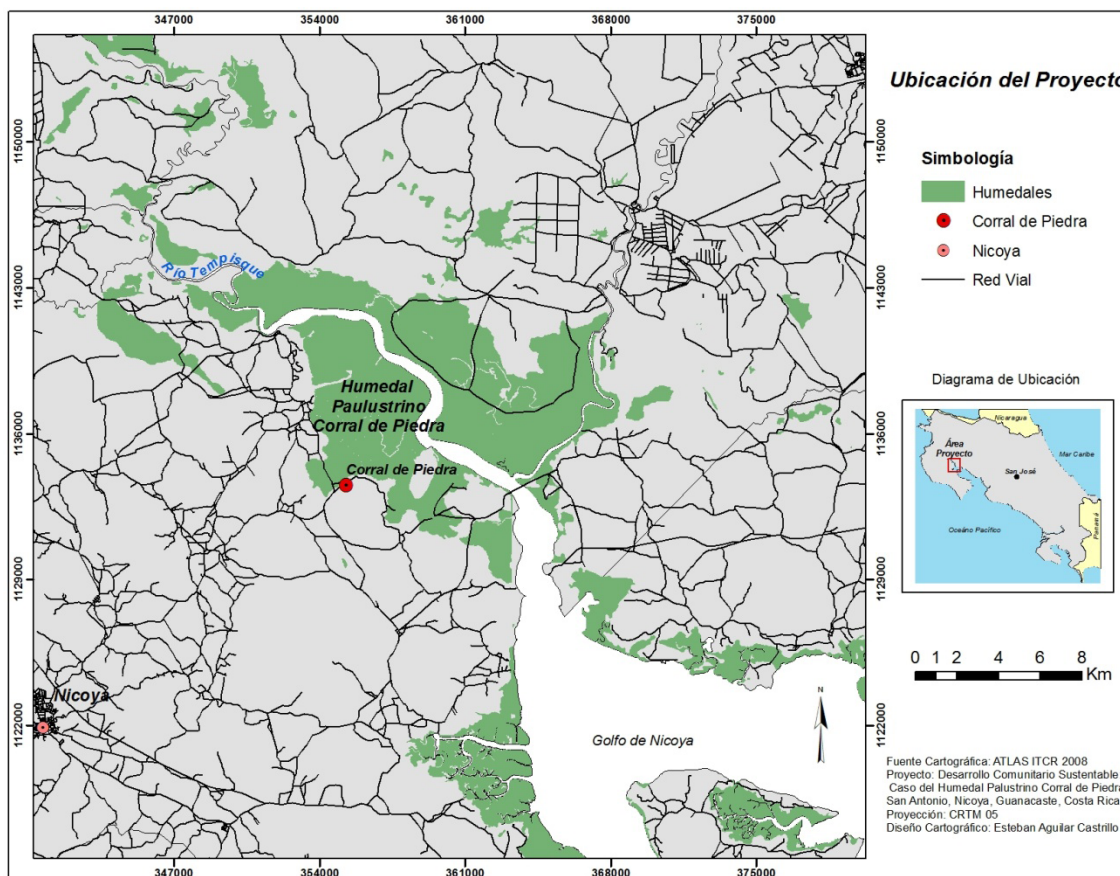
También funciona una estación biológica del MINAE denominada “Irene Espinoza” instalada en 1997, cuyas labores son principalmente de control y protección del humedal y de las zonas aledañas (Picón & Jiménez, 2010).

El río que atraviesa el poblado, llamado Corral de Piedra, posee lecho desprovisto de rocas y de escasa pendiente, lo que conlleva al río poca turbulencia. No obstante, se han producido desbordamientos en la época lluviosa que implicaron daños y deterioro de la ruta de acceso a Corral de Piedra.

## Metodología

### Sitio de estudio

La investigación se desarrolló en el Humedal Corral de Piedra, ubicado en el distrito de San Antonio del Cantón de Nicoya, Guanacaste (10° 13'39"- 10°15'00"N y 85°16'27"- 85°10'00"O); a una altitud de 2 msnm (Figura 1).



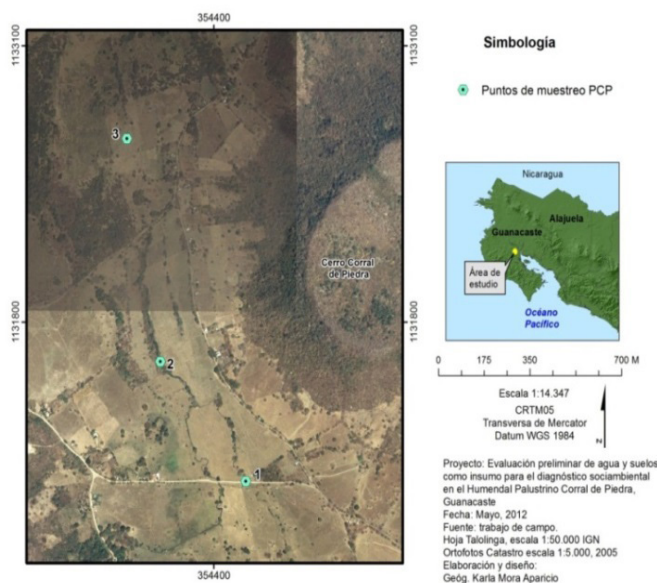
**Figura 1. Ubicación del Humedal Corral de Piedra**

**Fuente:** Elaboración propia, diseño cartográfico: Aguilar, 2008

### Puntos de muestreo

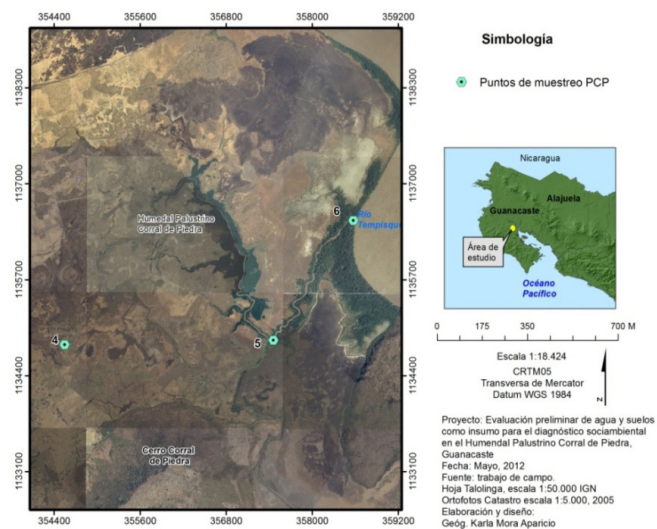
Se realizaron dos actividades de muestreo entre octubre 2010 y febrero del 2011, las que incluyeron dos períodos climáticos: lluvioso y seco.

Se establecieron seis puntos de muestreo, tres de ellos en el río Corral de Piedra y tres en el humedal, en los que se extrajeron muestras de agua y sedimentos. En las figuras 2 y 3 se muestra su ubicación y sus coordenadas se anotan en el Cuadro 2.



**Figura 2. Puntos de muestreo en aguas del río y sedimentos, Humedal Palustrino Corral de Piedra, Guanacaste**

Fuente: Elaboración propia, diseño cartográfico: Mora, 2012



**Figura 3. Puntos de muestreo en aguas del humedal y sedimentos, Humedal Palustrino Corral de Piedra, Guanacaste**

Fuente: Elaboración propia, diseño cartográfico: Mora, 2012

**Cuadro 2. Localización de los puntos de muestreo en aguas superficiales y sedimentos en el Humedal Palustrino Corral de Piedra, Guanacaste**

Punto	Descripción	Coordenadas geográficas
1	Río Corral de Piedra en el puente, entrada a la comunidad.	N 10°13'34.2" W 85°19'44.1"
2	Río Corral de Piedra, en el centro de la comunidad, finca de Agustín Jiménez.	N 10°13'52.2" W 85°19'53.4"
3	Desembocadura del río en el pantano	N 10°14'35.6" W 85°19'46.2"
4	Espejo de agua	N 10°15'34.42" W 85°19'34.67"
5	Límite del espejo de agua y el manglar	N 10°15'39,20" W 85°18'05,24"
6	Humedal Corral de Piedra	N 10°16'32,09" W 85°17'26,77"

**Fuente:** Elaboración propia

El punto 1 PCP se localiza después de la unión de varias quebradas, por lo que se toma como el inicio del río, la convergencia de todas estas. En este sector, la ribera está totalmente desprovista de árboles y plantas, además se identifica alteración ya que, se encuentra en una finca ganadera, por lo que sirve como abrevadero del ganado, el que deja a su paso, excretas y terrenos compactados. En este punto de la ribera no hay asentamientos humanos. El río fluye por debajo de un puente que es ubicado en la única vía de ingreso por vehículo a Corral de Piedra, lo que lo deja expuesto a cualquier tipo de contaminante propio del tránsito vehicular.

En las márgenes del punto 2 PCP, hay una franja de árboles de unos 2 metros. Este punto también es un área de abrevadero del ganado y en una de sus riberas fluye una quebrada que sólo tiene agua en la época lluviosa. Durante el período de estudio no se observaron cambios significativos en cuanto color u olor asociados a la época del año, ni deposición de desechos domésticos ni de otra índole.

El punto 3PCP es la desembocadura del río al humedal, parece ser un espejo de agua con poco caudal, además este sector del río no tiene riberas definidas. El único vestigio de vegetación ribereña es un árbol que proporciona sombra, y que por estar situado en una finca dedicada a la ganadería, es común encontrar ganado bajo sus ramas. En el sedimento se detectó la presencia de escombros. La Figura 4 muestra, los puntos 1 PCP, 2 PCP y 3 PCP.



(b) (c)  
**Figura 4. Puntos de muestreo (a) 1PCP, (b) 2PCP, (c) 3PCP.**

El punto 4 PCP se encuentra a unos tres kilómetros de la comunidad y se considera como punto de inicio del humedal, es pantanoso y la remoción de los sedimentos provoca la emanación de olores característicos de la materia orgánica en descomposición. La planta *Typha domingensis* que crece en el humedal se considera una especie plaga.

El punto 5 PCP es una zona cuyo ancho ronda los 47 metros y su caudal es 0,64 m/s en la época lluviosa y 0,18 m/s en la seca. Durante los muestreos se observó ganado pastando en las cercanías del manglar.

El punto 6 PCP se ubica en la margen derecha del Tempisque y corresponde a una zona de manglar. Cerca de este punto hay un gran montículo de conchas que se ha acumulado producto de la extracción de almejas durante muchos años. El ancho de esta zona es de aproximadamente 35 m y su caudal es de 0,35 m/s en la época seca y 0,83 m/s en la lluviosa. La figura 5, muestra los puntos de muestreo 4 PCP, 5 PCP y 6 PCP.

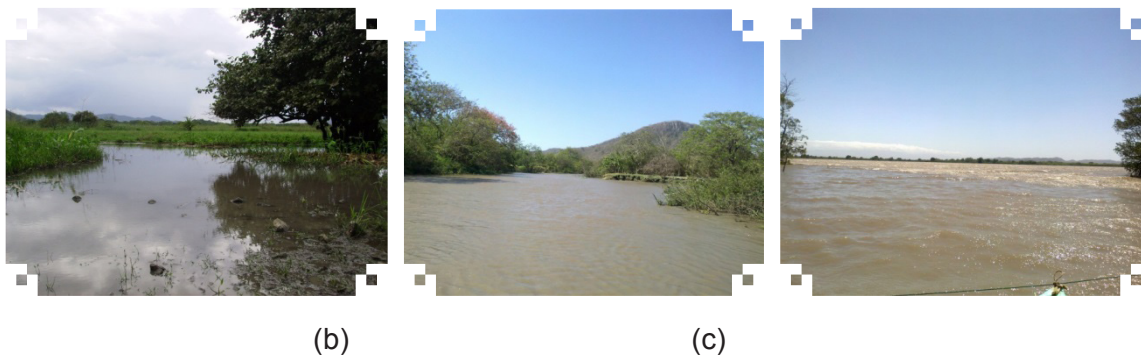


Figura 5. Puntos de muestreo (a) 4PCP, (b) 5PCP, (c) 6PCP.

### ***Parámetros físicos, químicos y bacteriológicos evaluados en aguas***

En el Cuadro 3 se indican los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos evaluados en las aguas superficiales y los métodos analíticos que se emplearon. El muestreo, transporte, preservación y análisis de las muestras se realizaron según los métodos descritos en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA-AWWA-WPCF, 1975). Los análisis que así lo requerían se efectuaron el mismo día del muestreo.

**Cuadro 3. Parámetros físicos, químicos y bacteriológicos evaluados en el Río Corral de Piedra y en el Humedal Corral de Piedra, Guanacaste, y métodos analíticos empleados**

Parámetro	Unidades	Descripción
Turbidez	NTU	Método nefelométrico utilizando un turbidímetro Scientific, Inc., modelo Micro100.
Temperatura	°C	Medición in situ utilizando un oxímetro de campo YSI 58 DOM
Oxígeno disuelto	mg/L O <sub>2</sub>	Medición in situ con un oxímetro de campo YSI 58 DOM.
pH	Unidades de pH	Método electrométrico utilizando un pHmetro Hanna Instruments HI9025C.
Nitratos	mg/L N-NO <sub>3</sub> -	Analizado en el Laboratorio Químico del Área de Hidrología del Instituto Costarricense de Electricidad con un cromatógrafo de iones de alta resolución con un detector de conductividad Marca DIONEX 2000i/SP
Demanda química de oxígeno	mg/L O <sub>2</sub>	Método digestión micro con dicromato de potasio. Plantilla de digestión Bioscience, modelo Thermo.  Diflere de la DBO <sub>5,20</sub> en que esta sólo detecta el material orgánico biodegradable, sin embargo la determinación de la DBO se imposibilitó debido a que el tiempo de llegada de las muestras al laboratorio no cumplía con lo establecido por el método. Se asume una relación DBQ/DBO = 60% (Pérez y Rodríguez, 2011)
Fósforo	mg/L P-PO <sub>4</sub> -3	Método espectrofotométrico, se genera color con el método cloruro de estaño II y se lee en un espectrofotómetro UV/VIS marca Thermo, modelo Helios Aquamate.
Coliformes fecales	Número más probable/ 100 mL	Método de fermentación en tubos múltiples. Analizado en el laboratorio certificado San Martín.
Grasas y aceites	mg/L	Extracción con disolvente orgánico y posterior secado de los extractos a 80 °C.
Nitrógeno amoniacal	mg/L N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Método espectrofotométrico, usando el método de fenol y se lee en un espectrofotómetro UV/VIS marca Thermo, modelo Helios Aquamate.
Salinidad	o/oo	Medición in situ con un conductímetro de campo YSI modelo 32.

**Fuente:** Elaboración propia

En el Cuadro 4 se indican los parámetros evaluados en sedimentos y sus métodos analíticos. Según lo establecido en el American Society for Testing Material (2004), las muestras se secaron a temperatura ambiente en un sitio aireado, se pasaron por un tamiz de 9 mesh (2 mm), se cuartearon y dos de las partes se utilizaron para el análisis.

**Cuadro 4. Parámetros físicos, químicos y métodos usados en la evaluación de los sedimentos del Río Corral de Piedra y en el Humedal Corral de Piedra, Guanacaste**

Parámetro	Unidades	Descripción
Textura	% arcilla % limo % arena	Método Hidrómetro de Bouyoucus: dispersión de los agregados de suelo con una solución de oxalato de sodio en medio básico y medición de la cantidad de sólidos que se encuentran en suspensión a 20°C.
Materia orgánica	% MO	Método REDOX: digestión de la materia orgánica presente en la matriz y posterior valoración del dicromato de potasio en exceso con una solución de hierro III, usando difenilamina como indicador.
pH	Unidades de pH	Medición del pH mediante el método electrométrico, utilizando un pHmetro Hanna Instruments HI9025C (se midió en la muestra de suelo mezclada con un pequeño volumen de agua)
Densidad relativa	g/cm <sup>3</sup>	En un balón aforado de 100 mL previamente calibrado, se adiciona una cantidad exacta de suelo, se afora con agua destilada y se pesa a la temperatura previamente medida. Especificar el método y luego incluir esta descripción

**Vinculación con la comunidad**

Para determinar el comportamiento hacia el ambiente de las y los pobladores de Corral de Piedra se emplearon dos medios para recopilar información: un instrumento escrito y un taller participativo.

El instrumento escrito consistió de 40 preguntas distribuidas en diferentes apartados, referentes a información general de la persona entrevistada y del núcleo familiar, condiciones de salud, socioeconómicas y ambientales. Una vez validado con habitantes de una comunidad vecina, el instrumento se aplicó casa por casa a una persona por núcleo familiar de Corral de Piedra, 17 en total, mediante la modalidad de entrevista.

El taller participativo se realizó en el Salón Comunal del lugar con el objetivo de determinar la percepción de los pobladores acerca del pasado, presente y futuro de su comunidad. Para ello, se solicitó a los participantes que se distribuyeran en cuatro grupos según los siguientes criterios: 1) personas con treinta o más años de vivir en la comunidad, 2) personas con diez a treinta años de vivir en la comunidad y 3) personas con menos de diez años de vivir en la comunidad.

Cada grupo realizó un dibujo: el grupo 1, la comunidad en el pasado; el 2, la comunidad en el presente y el 3, la comunidad en el futuro. Al finalizar, se expusieron los dibujos y se realizó un conversatorio acerca de lo expresado en ellos.

Asimismo, la participación de miembros de la comunidad en todas las giras de muestreo constituyó un espacio fundamental para el aprendizaje mutuo.

**Resultados y discusión**

En Costa Rica, el agua superficial se clasifica para distintos fines: consumo humano, recreación, usos agrícolas e industriales, entre otros, de acuerdo con su calidad, definida a partir del cumplimiento de los límites establecidos para diferentes parámetros (Poder Ejecutivo, 2007). Como existe una relación directa entre la columna de agua y los sedimentos que están en contacto con ella, las características y comportamiento de estos, afectan la calidad de las aguas.

**Caracterización del agua y de los sedimentos del río Corral de Piedra**

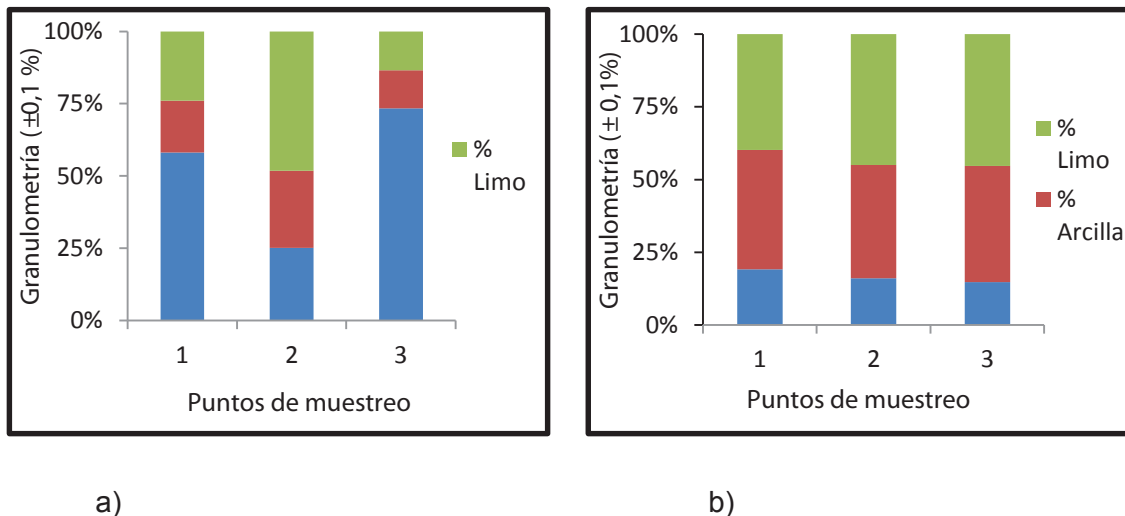
El contenido de materia orgánica de los sedimentos es similar en ambas épocas del año, con valor promedio de 10,5±0,1%, lo cual se atribuye al aporte y acumulación de material de origen vegetal y animal así como a material orgánico que llega al río por escorrentía de las tierras agrícolas y de

pastoreo. La poca pendiente, el bajo caudal y la escasa turbulencia hacen que el material orgánico se acumule en el lecho del río y su descomposición sea lenta. En la época seca la materia orgánica disminuyó como resultado de la pérdida de las fracciones finas por efecto de la erosión del viento y arrastre por el ganado debido a que al bajar el caudal quedan expuestas áreas del lecho.

Por otra parte, como se reñeja en el Gráfico 1, en la época lluviosa la textura es similar en los tres puntos, con las fracciones de limo y arcilla conformando más del 75% del sedimento. Las fracciones de limo y de arcilla tienen el mayor contenido de materia orgánica (Silva y Astorga, 2010), lo cual concuerda con los valores de materia orgánica obtenidos. Los sedimentos son principalmente de textura fina. Según Herrera (2008) los sedimentos de la zona de Guanacaste, particularmente los del complejo Nicoya, están compuestos fundamentalmente por arcillas, limos y algo de arena; los resultados obtenidos en la época lluviosa, son coincidentes con esta referencia.

En la época seca el comportamiento de la textura fue diferente en los tres puntos: en el 1 PCP y en el 3 PCP se encontró un mayor porcentaje de material grueso (arena). Una explicación para este hallazgo, es que la disminución del caudal del río, y por consiguiente la disminución de la turbulencia, favorece la deposición de sedimento según su granulometría, quedando en el fondo al material más grueso (arena) y el más fino (limo-arcilla) en la capa externa y por lo tanto lo deja más susceptible al arrastre por el ganado y por el viento. Precisamente los dos puntos que presentan esta situación (el 1 y el 3) son los más desprotegidos.

Los otros parámetros analizados en los sedimentos del río, no presentaron variaciones entre épocas del año ni entre puntos de muestreo.



**Gráfico 1. Textura de los sedimentos del río Corral de Piedra, por punto de muestreo: a) época lluviosa b) época seca. Humedal Corral de Piedra, Guanacaste**

**Fuente:** Elaboración propia

El oxígeno disuelto tiene un papel relevante en la dinámica de los ecosistemas acuáticos como indicador de sus posibilidades de sobrevivencia en un punto y momento dados (Pérez & Rodríguez, 2008). En el Gráfico 2 se observa que el porcentaje de saturación de oxígeno en el agua se acercó al 80%, indicativo de buena salud del río en todos los puntos en la época lluviosa y se comportó de manera similar en los puntos 1 PCP y 3 PCP en la época seca. En el muestreo correspondiente a la época seca en el punto 2 PCP, el PSO se redujo a  $53,0 \pm 0,1$  PSO, lo cual está relacionado con el estancamiento de las aguas en este tramo del río (Sánchez et al, 2008).

El parámetro que presentó mayor variación a lo largo del río fue la demanda química de oxígeno (DQO), cuyos valores se ubicaron entre  $(17 \pm 2)$  mg/L y  $(96 \pm 2)$  mg/L en la época seca y entre  $(19 \pm 2)$  mg/L y  $(75 \pm 2)$  mg/L en la lluviosa.

En el punto 1 PCP en la época seca el incremento de la DQO se asocia con factores antropogénicos como el aumento del tránsito vehicular que desprende materiales del camino, ingreso al río de residuos de combustibles y aceites y uso recreativo de las pozas que se forman en el cauce. En todos los puntos que se muestrearon se nota un alto grado de vulnerabilidad a los impactos antropogénicos, no obstante, es posible que la presencia de vegetación ribereña en el punto 2 PCP reduzca algunos de estos impactos. Los altos valores de DQO registrados en la época lluviosa corresponderían a fuentes no puntuales como la escorrentía de tierras agrícolas y ganadería, lo cual concuerda con el aumento de la turbiedad.

Según el Reglamento para la Clasificación de los Cuerpos de Agua (Poder Ejecutivo, 2007) con base en los valores de demanda química de oxígeno el río se ubicaría en la Clase 4, utilizable solo para la navegación, el riego o abastecimiento de agua para abrevadero o actividades pecuarias.

Las concentraciones de grasas y aceites medidas estuvieron entre  $(0,222 \pm 0,001)$  mg/L y  $(0,425 \pm 0,001)$  mg/L en la época lluviosa y entre  $(0,271 \pm 0,001)$  mg/L y  $(2,032 \pm 0,001)$  mg/L en la seca; el punto 3 PCP fue el que presentó el valor más alto. Según la normativa nacional (Poder Ejecutivo, 2007) este parámetro no debe ser detectable en ninguna clase de cuerpos de agua, a excepción de los ubicados en la Clase 5, que son aquellos utilizables para generación hidroeléctrica y navegación. El comportamiento de las grasas y aceites en el río guarda coincidencia con los altos valores de DQO obtenidos.

En la época seca, el punto 3PCP alcanzó los valores más altos de coliformes fecales: 24.000 NMP/100mL y el 1PCP los valores más bajos: 920 NMP/100mL. Estos valores inhabilitan el uso de las aguas para actividades de contacto directo, tal como la natación, que es una de las que se realiza en el punto 1PCP por los niños del poblado. En época seca los animales se acercan con mayor frecuencia a los cuerpos de agua, aumentando el riesgo de contaminación fecal.

En la época lluviosa los valores de coliformes fecales son bajos, entre 4,5 NMP/100 mL y 11 NMP/100 mL, concentraciones que clasifican el agua como de Clase 1.

Realizando un estimado de los valores de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) a partir de los valores de DQO (la DBO se estima en un 60% de la DQO) y aplicando la asignación de puntajes según el Sistema Holandés de Valoración de la Calidad Físico-Química del Agua para Cuerpos Receptores (Poder Ejecutivo, 2007), el Río Corral de Piedra se clasifica con contaminación moderada.

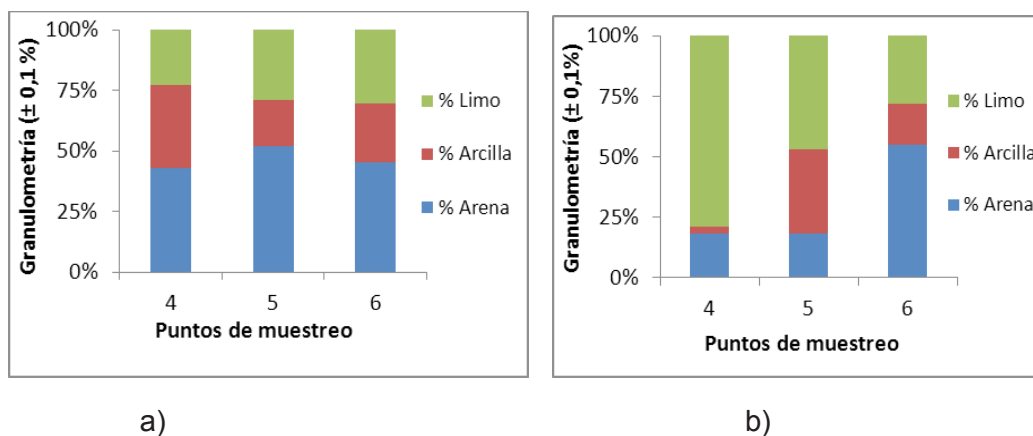
En general, presenta condiciones de un cuerpo de agua de Clase 1, con excepción de los parámetros DQO, coliformes fecales y grasas y aceites, todos ellos con posibilidades de ser mejorados, si se reducen las fuentes de contaminación.

### ***Caracterización del agua y de los sedimentos del humedal***

La granulometría de los sedimentos del humedal en la época seca mostró predominancia de la fracción arena y en la lluviosa, de la fracción limo, excepto en el 6 PCP, con mayor porcentaje de arena (gráficos 3 a y 3 b).

Como se observa en el gráfico 3 a), en la época seca en el punto 4PCP predominó un fondo de arena y arcilla, posiblemente debido a la erosión de las partículas más finas que corresponden al limo, provocada por el viento al disminuir la profundidad del espejo de agua. En los puntos 5 PCP y 6 PCP se muestra un predominio de las fracciones arena y limo cuya granulometría es característica de este tipo de zonas (Rangel-Butrago y Posada-Posada, 2005)

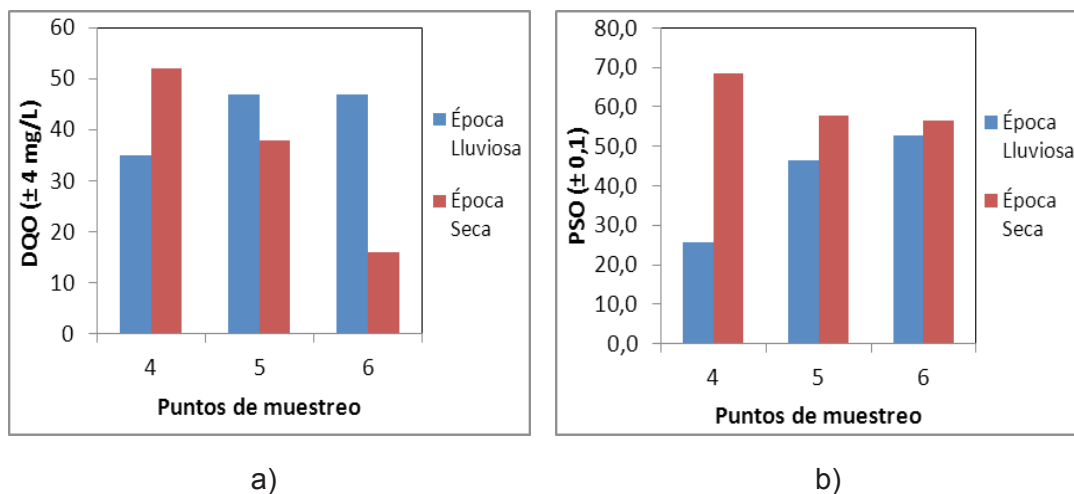
En la época lluviosa en el punto 4 PCP predominó la fracción de limo, muy probablemente asociada a la presencia de gran cantidad de tifa que es una especie retenedora de material en suspensión, lo que favorece el aumento de esta fracción (Fond, 2011). La fracción de arena en el punto 6 PCP estaría relacionada con la influencia de la marea, que arrastra este material y lo deposita en esta zona del humedal.



**Gráfico 3. Textura de los sedimentos del humedal según los puntos de muestreo a) época seca, b) época lluviosa. Humedal Corral de Piedra, Guanacaste**

Con excepción del punto 4 PCP en la época seca (Gráfico 3 b), los niveles de oxígeno medidos en todos los puntos y en ambas épocas estuvieron por debajo del 60 % PSO, valor que se considera límite inferior para el desarrollo de la vida acuática (Flanagan, 1992). Una situación semejante fue reportada por Pérez-Castillo (2010) en el manglar de Tamarindo, Guanacaste, quien encontró que el oxígeno disuelto se mantuvo por debajo del 60% de saturación, en las zonas de humedal. El oxígeno disuelto en todos los puntos fue mayor en la época seca, debido al aumento en época lluviosa de materiales en suspensión, lo que tiene como consecuencia el aumento de la turbidez.

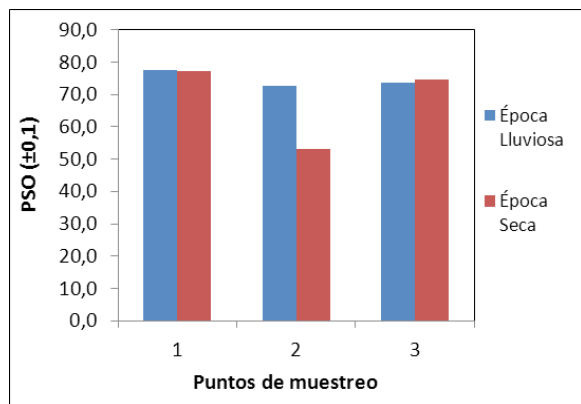
En la época lluviosa la tendencia fue el aumento del oxígeno entre los puntos del 4 PCP al 6 PCP, debido al incremento de la movilidad de las aguas por el mayor caudal. En la época seca la distribución espacial del oxígeno es inversa y coincidente con el aumento de la turbiedad y menor aporte del oxígeno atmosférico.



**Gráfico 4. a) Demanda química de oxígeno (DQO) y b) oxígeno disuelto, en porcentaje de saturación en las aguas del humedal, por punto y época de muestreo. Humedal Corral de Piedra, Guanacaste**

En la época seca la DQO disminuyó entre el punto 4 PCP y el 6 PCP (Gráfico 4 a). Al ser en esta época menos intensos o determinantes los procesos de mezcla de sedimentos y los de aportes por escorrentía superficial, los cuales sí ocurren en la época lluviosa, en los puntos más cercanos al río Tempisque que presentan mayor caudal la DQO tiende a ser más cercana a valores que se encuentran en aguas naturales. En la época lluviosa, la DQO en el punto 4 PCP presenta una importante disminución, debido a la retención de sedimentos, principalmente por parte de la tifa, lo que amortigua el proceso de mezcla, aunque se da el de escorrentía, y ambos procesos se tornan relevantes en los puntos 5 PCP y 6 PCP.

Debido a los altos valores de DQO, el agua del humedal se clasifica como de Clase 3 en la época



**Gráfico 2.** Oxígeno disuelto en el río Corral de Piedra, expresado en porcentaje de saturación (PSO), por punto y época de muestreo. Humedal Corral de Piedra, Guanacaste

**Fuente:** Elaboración propia

de vivir en el sitio y cuya representación se basó en su vida durante la infancia, se observa una gran diversidad de animales silvestres, entre ellos, galán sin ventura, zainos, mapaches, venados, peces en el río y ganado, una alta densidad de árboles y poca infraestructura la cual se ubicó a lo largo de una vía principal. Las únicas áreas de encuentro eran la plaza y la escuela.



**Figura 6.** Corral de Piedra en el pasado, según percepción de pobladores con treinta o más años de residir en la comunidad

La comunidad del presente (figura 6) fue dibujada por las y los habitantes con 10 a 30 años de residir en Corral de Piedra. En el dibujo se observa un aumento en el número de viviendas, edificaciones nuevas como la iglesia católica, JUCUM y un pozo comunal, todos ubicados a lo largo de la vía principal. A pesar que en la imagen se incorporaron animales silvestres como lagartos y el galán sin ventura, su número y diversidad disminuyó y se representó una mayor cantidad de ganado, más corrales para pastoreo y menos densidad de árboles.

lluviosa y Clase 4 en la época seca.

### **Vinculación con la comunidad**

Desde que se realizó la sesión de inserción en la comunidad se detectó el interés de los habitantes por trabajar en procura del mejoramiento de la calidad de vida en armonía con el ambiente.

En un primer taller, se realizó la actividad denominada “Mi comunidad a través del tiempo”, en la cual las y los habitantes manifestaron, mediante la realización de dibujos, su percepción acerca de Corral de Piedra en el pasado, el presente y el futuro. Esta dinámica resultó también de gran utilidad para recuperar historias y anécdotas y pasar un rato agradable con las bromas que surgieron a partir de las imágenes.

En el dibujo correspondiente al pasado de la comunidad (figura 6), realizado por personas con más de 30 años



**Figura 7. Corral de Piedra en el presente, según percepción de pobladores con diez a treinta años de residir en la comunidad**

El dibujo de la comunidad del futuro (Figura 7) fue realizado por las personas adultas con menos de 10 años de residir en el lugar. En esta visión de futuro, además del galán sin ventura, se representaron otros animales silvestres, además se aprecian unas pocas y pequeñas áreas dedicadas a la ganadería intensiva, cultivos orgánicos y la diversificación de las actividades bajo un concepto más orientado al desarrollo sustentable. La escuela se representó con un edificio más amplio y se agregó un CEN-CINAI, una cancha de baloncesto, una soda y un parque infantil; todos ubicados a lo largo de la vía principal existente, lo cual evidencia que los pobladores tienen claro que no deben expandir la frontera urbana hacia las áreas de protección.

En el dibujo de la comunidad del futuro, por primera vez se representó el concepto de gestión de residuos, con la inclusión de un centro de acopio. Esta representación es importante porque en la comunidad no hay servicio de recolección de desechos y la mayoría de los habitantes los queman (44%) o los entierra (31%) y solo un 13% recicla.

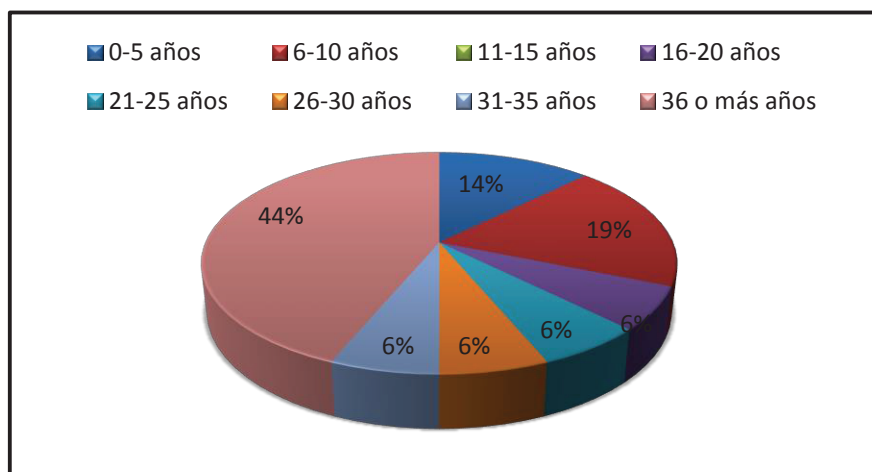


**Figura 8. Corral de Piedra en el futuro, según percepción de pobladores con menos de diez años de residir en la comunidad**

Los tres dibujos evidencian los cambios en infraestructura física, ambiente biofísico, uso del suelo y actividades productivas que han ocurrido o tienen la expectativa de ocurrir en Corral de Piedra a través del tiempo e incluyen como elementos centrales el río y el humedal, lo cual evidencia el papel relevante del agua en una comunidad que ha dependido desde su fundación de los recursos asociados a este líquido.

En general, los pobladores de Corral de Piedra han logrado traducir en acciones positivas sus conocimientos, creencias y valores en relación con el ambiente y con el recurso hídrico. Esta situación contrasta con lo señalado por Mora (2002) sobre los vecinos de Nicoya quienes tenían una valoración positiva de los humedales, eran capaces de identificar los principales beneficios que estos proveen y coincidían en la necesidad de conservarlos, aunque existían limitaciones para traducir esa conciencia en una conducta responsable para con el ambiente, ya que el proceso de deterioro de los humedales continuaba.

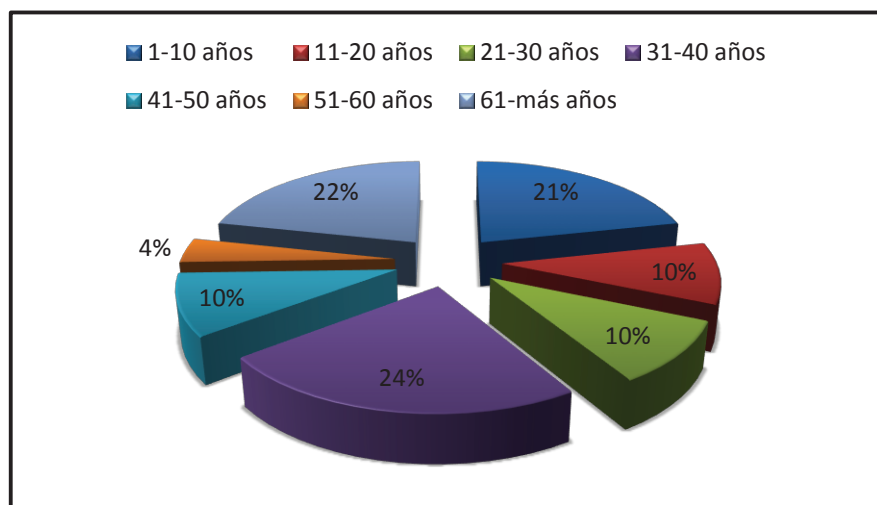
A partir de la encuesta aplicada a un miembro de cada una de las familias del pueblo se determinó que el 62% tiene más de 20 años de residir en la comunidad y el 44% más de 36 años (Gráfico 5). La baja movilidad de los habitantes de un pueblo facilita su empoderamiento para impulsar cambios y activar procesos debido a que estos poseen una vida ya consolidada, un gran sentido de pertenencia y arraigo en la comunidad.



**Gráfico 5. Período de residencia en Corral de Piedra de las personas entrevistadas (n=17) Corral de Piedra, Nicoya, Guanacaste**

**Fuente:** Elaboración propia

En general los habitantes presentan baja escolaridad, aproximadamente el 50% de la población posee primaria completa y secundaria incompleta. Además, un alto porcentaje de la población es joven, siendo el 41% menor a 30 años, lo que resulta ser una ventaja ya que a menor edad, con la adecuada orientación, es mayor la probabilidad de que una persona se apropie de una cultura ambiental sustentable (Gráfico 6).



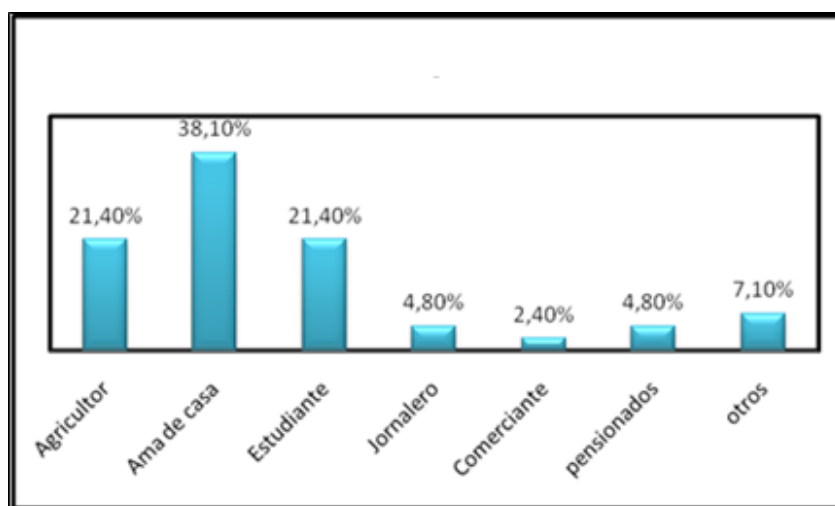
**Gráfico 6. Distribución etaria de las y los pobladores de Corral de Piedra, Nicoya, Guanacaste**

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 7 se presenta la distribución por ocupación de los habitantes de Corral de Piedra. Aproximadamente un 38% son amas de casa. Este dato es relevante, ya que según la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2012) la mujer desempeña un papel trascendental en materia de gestión del agua, el cual ha sido reconocido en todos los niveles, empezando por ese organismo en 1977 con la Agenda 21 y en el Plan de Implementación de Johannesburgo, por lo que alentar a las mujeres de la comunidad a involucrarse más asertivamente en los diferentes procesos de gestión del agua sería una buena estrategia para fortalecer su participación en la gestión comunitaria del agua.

Un porcentaje apreciable de la población son estudiantes (21,4%), por lo que se prevé crecimiento en materia ambiental en la comunidad, ya que en la actualidad los centros educativos participan activamente en la sensibilización ambiental y en la promoción de estilos de vida más armoniosos con el ambiente, que finalmente pueden ser compartidos por los estudiantes con sus familias. Por otra parte, los jóvenes son más accesibles a modificar hábitos en relación con el ambiente.

Otro grupo importante son los agricultores, con quienes se puede trabajar en el marco de prácticas más limpias.



**Gráfico 7. Ocupación de los vecinos de Corral de Piedra, Nicoya, Guanacaste.**

Fuente: Elaboración propia

## Conclusiones

En este estudio, desarrollado como insumo para el diagnóstico socioambiental del Humedal Corral de Piedra y del caserío del mismo nombre, se determinó que el río Corral de Piedra se clasifica con contaminación moderada, según la legislación costarricense (Poder Ejecutivo, 2007).

El carácter sedimentario del lecho, la poca pendiente del territorio y escasa turbulencia del río favorecen el elevado contenido de materia orgánica, la predominancia de las fracciones limo y arcilla y de textura fina. En términos generales, este es un cuerpo de agua poco impactado por fuentes antropogénicas. Se ubica en la Clase 1 para todos los parámetros evaluados, exceptuando la DQO y grasas y aceites, cuyos valores hacen que en relación con estos parámetros se ubique en las Clase 4 y 5, respectivamente.

De acuerdo con las características físicas y químicas del sedimento y de las aguas del humedal, se concluye que su composición y comportamiento dependen de la época, distribución espacial, influencia de mareas, y principalmente del tipo de humedal: palustrino, estuarino o intermedio.

En la comunidad de Corral de Piedra existe un tejido social y organizativo muy consolidado, lo cual constituye un factor de favorecimiento de los procesos hacia la sustentabilidad.

La alta permanencia de los y las habitantes (el 62% de las personas tienen más de 20 años de residencia en el pueblo) facilita su empoderamiento para impulsar cambios y activar procesos, por su sentido de pertenencia y arraigo.

El 41% de los habitantes son menores de 30 años, lo cual resulta favorable para la apropiación de una cultura ambiental sustentable.

El 38% de los y las pobladores son amas de casa, por lo que involucrarlas en procesos de gestión del agua representa un reconocimiento a su papel preponderante en ellos. Asimismo el 21% de los y las pobladores son estudiantes, sector de la comunidad potencialmente más sensible a estilos de vida más armoniosos con el ambiente que pueden ser compartidos con sus familias.

Los dibujos que manifiestan las percepciones de pasado, presente y futuro de los pobladores de Corral de Piedra permiten conocer no sólo los cambios en infraestructura física, ambiente biofísico, uso del suelo y actividades productivas que han ocurrido en el pueblo a través del tiempo, sino que también detectar las creencias, actitudes y valores ambientales que caracterizan a los pobladores, así como identificar las que conviene reforzar para la creación de una comunidad sustentable.

Es necesario profundizar el estudio de la influencia de los impactos en el Humedal Corral de Piedra de las actividades antropogénicas que se desarrollan en las zonas aledañas y en la Cuenca del Tempisque.

## Referencias

- Aguilar, E. (2008). Fuente cartográfica. Atlas ITCR.
- APHA-AWWA-WPCF. (1975) Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. XIV Edition; USA: American Public Health Association.
- Flanagan, P. (1992) Parameters of Water Quality: Interpretation and Standards, Second Edition. Ireland: ERU.
- Fond, D. (2011) Depuración de aguas residuales de una población mediante humedales artificiales. RECERCAT, 27
- Gamboa, J. <http://www.sinac.go.cr/humedales.php> (Accedido el 17 de abril, 2010)
- Herrera, O. (2008) Caracterización de la Cuenca del Río Sardinal, caso Sardinal. MINAE-SINAC-ACT. Guanacaste,
- Instituto Meteorológico Nacional (s.f.). Resumen mensual de precipitación: Nicoya Extensión Agrícola. Acumulados años 1970-2010.

- Mora, A. (2002) Creencias, actitudes y valores de los vecinos de San Antonio, La Mansión y Quebrada Honda del Cantón de Nicoya, Guanacaste, sobre humedales. Tesis para optar por el grado de Licenciatura en Biología Tropical, Universidad Nacional, Heredia Costa Rica, pp 97
- Mora, K. (2012). Diseño cartográfico y ubicación de los puntos de muestreo en Corral de Piedra.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/gender.shtml> (accedido el 24 de abril, 2012)
- Pérez-Castillo, A. (2010) Evaluación de las Aguas de drenaje del Sector de Riego de Tamarindo y su Influencia sobre el Parque Nacional Palo Verde. *Ciencia y Tecnología*, 26, 71-86.
- Pérez, A; Rodríguez, A. (2008) Índice físico-químico de calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. *Rev. Biol. Trop.*, 56, 1905-1918.
- Picón, J.C; Jiménez, J. (2010) Desarrollo del Turismo Rural Comunitario en Áreas Protegidas: Caso del Proyecto Desarrollo Rural Comunitario Sustentable Humedal Palustrino Corral de Piedra, Nicoya, Costa Rica. En Congreso de desarrollo Rural Local Sustentable en las Regiones, Costa Rica, 225-232
- Poder Ejecutivo (1994). Decreto Ejecutivo N° 22898-MIRENEM. Declaración de Humedal Palustrino Corral de Piedra. San José, Costa Rica, 23 de febrero de 1994.
- Poder Ejecutivo (2007). Decreto Ejecutivo N° 33903-MINAE-S. Reglamento para la evaluación y clasificación de la calidad de cuerpos de aguas superficiales. San José, Costa Rica, 17 de setiembre del 2007.
- Rangel-Butrago, N; Posada-Posada, B. (2005) Geomorfología y Procesos erosivos en la costa norte del Departamento de Córdoba, Caribe Colombiano (Sector Paso Nuevo-Cristo Rey). *INVEMAR*, 34
- Registro Nacional (2011). Número de Fincas Inscritas en el Humedal Palustrino Corral de Piedra.
- Sánchez, V; Solís, E; Valdés, J; Fernández, J; Mendelewicz, M; Coto, J. (2008). *Química Analítica Experimental*. EUNA: Costa Rica, pp 64, 76, 90, 93, 104, 142.
- Silva, N; Astorga, M. (2010) Textura, materia orgánica y composición química elemental (C y N) de sedimentos marinos superficiales de la zona Puerto Montt a Boca del Guaco (Norpatagonia chilena). *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 38, 1-14
- Trama, F. (2005) Manejo Activo y Restauración del Humedal Palo Verde: Cambios en las Coberturas de Vegetación y Respuesta de las Aves Acuáticas. Tesis para optar por el Grado de Magister Scientiae en Conservación y Manejo de Vida Silvestre. Universidad Nacional, Costa Rica, p 18
- Umaña, E. (2007) Fluctuaciones temporales en la diversidad y abundancia relativa de aves acuáticas en el Refugio Nacional de Vida Silvestre Laguna Mata Redonda y Humedal Corral de Piedra Costa Rica. Tesis para optar por el grado de Licenciatura en Biología Tropical, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.