

Estimación de la Capacidad de Carga de la Playa San José del distrito de Encarnación

Wieczorko Barán, Tatiana; tatiwbaran@gmail.com

Facultad de Ciencias y Tecnología

Universidad Nacional de Itapúa

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo establecer la capacidad de carga de la Playa San José del distrito de Encarnación. Se realizó a través de una adaptación de los métodos de Cifuentes (1992) y Cifuentes *et al.* (1999); y por el método de García, González y Loera (2008) a fin de estimar la capacidad de carga del agua en el sector playa. Las técnicas utilizadas fueron la observación de campo y el análisis de documento por medio de fuentes primarias y secundarias; la información ha sido procesada por medio de cálculos y tablas. Comparando con los 15.000 usuarios/día en temporada alta (diciembre a febrero), el cual es la cantidad media de turistas surgida de las estimaciones de las autoridades locales; los resultados mostraron una capacidad de carga turística de 2.651 usuarios en simultáneo. En cuanto a la capacidad de carga del agua se obtuvo un valor de 5,005 mg/l de DBO₅, el mismo fue comparado con la DBO₅ analizada en el mes de setiembre, de 0,53 mg/l. Se concluyó que en temporada alta, la playa está admitiendo más visitantes de lo que está en capacidad de recibir; y que el nivel de materia orgánica biodegradable en el agua es muy baja, quedando evidenciado que este valor está muy por debajo de lo calculado en la capacidad de carga.

Palabras clave: Playa San José; Capacidad de carga turística; Capacidad de carga del agua.

Introducción

La noción básica de capacidad de carga establece que todos los ambientes naturales poseen un límite biofísico, superar este límite significaría amenazar la integridad de estos ambientes. En este sentido, los estudios de capacidad de carga buscan estimar, generalmente en términos cuantitativos, un nivel máximo de

individuos que pueden ocupar una determinada área sin causar su degradación (Dias e Cordeiro, Körössy y Fragoso, 2012).

El Paraguay no cuenta con antecedentes de estudios realizados en cuanto a capacidad de carga en playas, no así, países como Brasil (Dias e Cordeiro *et al.*, 2012), Venezuela (Aranguren, Moncada,

Nevada, Rivas y Lugo, 2008), España (Roig i Munar, 2002), entre otros, los cuales han servido como referencia para la realización del presente trabajo.

La determinación de la capacidad de carga turística y la capacidad de carga del agua, constituyen una herramienta de planificación que permite obtener una aproximación de la utilización de las áreas destinadas al uso público, por lo que sustenta y requiere de decisiones de manejo (Cifuentes, 1992). El cálculo se hace a partir de un proceso complejo en el que se deben considerar una serie de factores ecológicos, físicos, económicos y culturales. Es una estrategia potencial para reducir los impactos de la recreación de los visitantes en áreas de uso público, como lo es la Playa San José.

La Playa San José, es una de las playas del distrito de Encarnación que no cuenta con esta herramienta de planificación. Sin embargo, en los últimos años se ha visto un aumento considerable de visitantes a esta área, por lo que fue necesario establecer su capacidad de carga tanto turística, como del agua.

El presente estudio busca promover la práctica de estas herramientas, las cuales se ha prescindido en el manejo de áreas naturales, por lo que evalúa la Capacidad de Carga de la Playa San José del Distrito de Encarnación, pretendiendo colaborar en este aspecto con criterios más

efectivos de decisiones en cuanto al manejo de este sitio de uso público.

Objetivos

Objetivo General

-Establecer la Capacidad de Carga de la Playa San José del Distrito de Encarnación.

Objetivos Específicos

-Determinar la Capacidad de Carga Física, Real y la Capacidad de Manejo de la Playa San José.

-Definir la Capacidad de Carga Efectiva teniendo en cuenta la Capacidad de Carga Física, Real y la Capacidad de Manejo.

-Estimar la Capacidad de Carga del agua en el sector playa, comparando con la DBO₅ actual.

Materiales y Métodos

•Determinación de la capacidad de carga física, real y la capacidad de manejo de la playa San José

La estimación de la Capacidad de Carga mediante el levantamiento, procesamiento y análisis de los datos; se dividió en cuatro fases de trabajo. El cálculo de la Capacidad de Carga requiere de un complejo procedimiento de aproximaciones. Para el caso de la Playa San José, se realizó una adaptación de los métodos de Cifuentes (1992) y Cifuentes *et al.* (1999), en este último se propone un procedimiento detallado para el cálculo de la capacidad de manejo.

Estos métodos permitieron desarrollar una aproximación propia para áreas silvestres protegidas que requieren una cierta restricción de uso para su sostenibilidad ambiental.

Fase 1: Descripción del área de estudio y sus medidas planimétricas.

Esta fase comprendió una primera etapa de recolección de datos, la cual se centró en un levantamiento topográfico de la playa y un reconocimiento general del área de estudio. Para ello se realizaron diversas visitas a la playa durante los meses junio, julio y agosto del año 2017.

Primeramente se procedió a un estudio de campo en la playa donde se hicieron observaciones específicas, luego se procedió al levantamiento topográfico con un Geoposicionador Global (GPS) Marca Garmin, calibrado con el Datum WGS 84.



Fase 2: Cálculo de la Capacidad de Carga Física de la Playa de San José.

La Capacidad de Carga Física (CCF) a partir del método propuesto por Cifuentes (1992) precisó valores para las siguientes variables: área total de visitas (S); área ocupada por un visitante (s); tiempo total

en que el área está abierta (T) y tiempo necesario para visitar el lugar (t).

El tiempo total de apertura del área y el tiempo necesario para visitar el lugar no fueron considerados para los cálculos de la capacidad de carga, porque dichas variables son adecuadas para senderos y otros atractivos, los cuales poseen un itinerario predeterminado e ingreso controlado, lo cual no se aplica para las actividades recreativas de playas. En la playa San José se registró la imposibilidad de controlar el ingreso y el tiempo de permanencia de los turistas, siendo inviable utilizar la variable tiempo. Por lo tanto no se utilizó la fórmula $CCF = S \times \frac{T}{s} \times t$, sino la fórmula simplificada (Ruschmann, Paolucci y Maciel, 2008):

$$CCF = \frac{S}{s} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde: S = superficie total del área visitada

s = área ocupada por cada visitante

El resultado se expresa en usuarios/día.

Para el área ocupada por visitante se utilizó la razón de 5 m²/usuario, ya que se trata de una playa destinada a la ocupación en masa y está localizada en las proximidades de los grandes centros urbanos EMBRATUR (citado por Ruschmann *et al.*, 2008).

Fase 3: Cálculo de la Capacidad de Carga Real.

La CCF, tal y como se calculó en el apartado anterior, no es más que una medida de cuántos visitantes caben en un espacio dado, sin embargo la realidad es otra. En la medida que la playa se llena de gente y rebasa cierto umbral, el visitante comienza a sentir que su disfrute pierde calidad, la capacidad de recuperar la playa después de cada temporada se hace más difícil y costosa para los administradores, y la calidad ambiental del sitio pierde lentamente sus propiedades naturales, haciéndola menos atractiva para el visitante (Aranguren *et al.*, 2008). De allí que la capacidad de carga física debe ser sometida a ciertos factores de corrección que permiten corregir el valor inicial y obtener un estimado de la Capacidad de Carga Real (CCR) (Cifuentes *et al.*, 1999): $CCR = CCF (FCero \times FCacc \times FCpre \times FCsol \times FCtem)$ (Ecuación 2)

El resultado de expresa en usuarios/día.

Los factores de corrección considerados en este estudio fueron:

Erodabilidad ($FCero$), Accesibilidad ($FCacc$), Precipitación ($FCpre$), Brillo solar ($FCsol$), Cierres temporales ($FCctem$).

Estos factores se calcularon en función de la fórmula general (Cifuentes *et al.*, 1999):

$$FCx = \frac{Mlx}{Mtx} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde: FCx = Factor de corrección por la variable "x"

Mlx = Magnitud limitante de la variable "x"

Mtx = Magnitud total de la variable "x"

Erodabilidad ($FCero$): Dado que todo el suelo de la playa es de arena, y por tanto no hay diferencia en los tipos de suelo, se tomó en cuenta sólo la pendiente para establecer tres rangos, a los que se atribuyó un grado de erodabilidad de la siguiente forma (Cifuentes *et al.*, 1999):

<u>Pendiente</u>	<u>Grado de erodabilidad</u>
< 10%	Bajo
10% - 20%	Medio
> 20%	Alto

Las zonas que tienen un nivel de riesgo de erosión medio o alto son las únicas consideradas significativas al momento de establecer restricciones de uso.

Puesto que un grado alto de erodabilidad presenta un riesgo de erosión mayor que un grado medio, se incorporó un factor de ponderación de 1 para el grado medio de erodabilidad y 1,5 para el alto.

El factor de corrección se obtuvo de la siguiente manera (Cifuentes *et al.*, 1999):

$$FCero = 1 - \frac{[(mea \times 1.5) + (mem \times 1)]}{mt} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde: mea = metros de playa con erodabilidad alta

mem = metros de playa con erodabilidad media

mt = metros totales de playa

El resultado es adimensional.

Accesibilidad ($FCacc$): Para determinar el grado de dificultad que podrían tener los visitantes para desplazarse por la playa debido a la pendiente, se tomaron los

mismos grados de pendiente considerados en el FCero. Se establecieron las siguientes categorías:

<u>Dificultad</u>	<u>Pendiente</u>
ningún grado de dificultad	≤ 10%
media dificultad	10%-20%
alta dificultad	> 20%

Los tramos que poseen un grado de dificultad medio o alto son los únicos considerados significativos al momento de establecer restricciones de uso. Puesto que un grado alto representa una dificultad mayor que un grado medio, se incorporó un factor de ponderación de 1 para el grado medio de dificultad y 1,5 para el alto. Así (Cifuentes et al., 1999):

$$FC_{acc} = 1 - \frac{[(ma \times 1.5) + (mm \times 1)]}{mt} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Dónde: ma = metros de playa con dificultad alta

mm = metros de playa con dificultad media

mt = metros totales de playa

El resultado es adimensional.

Precipitación (FCpre): Es un factor que impide la visita normal, por cuanto la gran mayoría de los visitantes no están dispuestos a hacer playa bajo lluvia. Se consideraron los días de lluvia a partir del año 2011 hasta el año 2016 (Dirección Nacional de Aeronáutica Civil [DINAC], 2017). A partir de esto se determinó un promedio de la cantidad de días de lluvia limitantes al año. Con base en ello se

calculó el factor de la siguiente manera (Cifuentes et al., 1999):

$$FC_{pre} = 1 - \left(\frac{dl}{dt}\right) \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde: dl = Días de lluvia limitantes por año

dt = Días al año que la playa está abierta

El resultado es adimensional.

Brillo solar (FCsol): En algunas horas del día, cuando los rayos del sol son muy fuertes, las visitas a sitios sin cobertura resultan difíciles o incómodas. Para el caso de la Playa San José, este factor es limitante entre las 10:00am y 16:00pm (Organización, Mundial de la Salud [OMS], 2015).

Así, la fórmula es la siguiente (Cifuentes et al., 1999):

$$FC_{sol} = 1 - \left(\frac{hsl}{ht}\right) \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde: hsl = horas de sol limitantes por año

ht = horas al año que la playa está abierta

El resultado es adimensional.

Cierres temporales (FCtem): Por razones de mantenimiento, en la playa funciona una máquina que remueve la arena del sitio y la limpia. Esto se realiza una vez por semana durante 6 horas, tiempo durante el cual no se reciben visitantes y representa una limitación a la visita (S. Godoy, comunicación personal, 10 de abril de 2017). Se calculó este

factor del siguiente modo (Cifuentes et al., 1999):

$$FC_{tem} = 1 - \left(\frac{hc}{ht}\right) \quad (\text{Ecuación 8})$$

8)

Donde: hc = Horas al año que la playa está cerrada

ht = Horas totales al año

El resultado es adimensional.

Fase 4: Cálculo de la Capacidad de Manejo

En la medición de la Capacidad de Manejo (CM), intervienen variables como respaldo jurídico, políticas, equipamiento, dotación de personal, financiamiento, infraestructura y facilidades o instalaciones disponibles (Cifuentes *et al.* 1999).

En este caso, para poder realizar una aproximación de la capacidad de manejo de la playa, fueron tenidas en cuenta las variables: infraestructura, equipamiento y personal. Estas han sido seleccionadas por la relevancia para estos emprendimientos. Cada variable fue constituida por una serie de componentes y valorada in situ mediante lista de chequeo con respecto a cuatro criterios: cantidad, estado, localización y funcionalidad. La categoría personal se calificó teniendo en cuenta los criterios de cantidad y localización. También se realizaron registros fotográficos.

Se consideró que, si bien estos criterios no representan la totalidad de las

opciones para la valoración y determinación de la capacidad de manejo del área estudiada, aportan elementos de juicio suficientes para realizar una buena aproximación.

Cada criterio recibió un valor, calificado según la siguiente escala:

%	Valor	Calificación
<=35	0	Insatisfactorio
36-50	1	Poco satisfactorio
51-75	2	Medianamente satisfactorio
76-89	3	Satisfactorio
>=90	4	Muy satisfactorio

La escala porcentual utilizada es una adaptación de la Norma ISO 10004 (Cifuentes *et al.* 1999).

Para los cálculos se obtuvo el total de las calificaciones de cada componente. Este total se lo comparó al óptimo (valor máximo alcanzable si cada criterio es calificado con la máxima calificación de 4), y el resultado se lo tomó como un factor. El promedio de todos los factores constituyeron el factor de la variable.

Finalmente, la capacidad de manejo de la playa se estableció a partir del promedio de los factores de las tres variables, expresado en porcentaje, de la siguiente manera (Cifuentes et al. 1999):

$$CM = \left(\frac{\text{Infr} + \text{Eq} + \text{Pers}}{3}\right) \times 100 \quad (\text{Ecuación 9})$$

9)

Donde: Infr = infraestructura

Eq = equipamiento

Pers = personal

El resultado se expresa en porcentaje.

•Definición de la capacidad de carga efectiva teniendo en cuenta la capacidad de carga física, real y la capacidad de manejo

La Capacidad de Carga Efectiva (CCE) representa el número máximo de usuarios que se puede permitir en la Playa San José.

La fórmula general del cálculo es la siguiente (Cifuentes, 1992):

$$CCE = CCR \times CM \quad (\text{Ecuación 10})$$

Donde: CCR = Capacidad de Carga Real

CM = Capacidad de Manejo

El resultado se expresa en usuarios/día.

•Estimación de la capacidad de carga del agua en el sector playa, comparando con la DBO₅ actual

Para la estimación de la capacidad de carga del agua se utilizó el método propuesto por García, González y Loera (2008) que consiste en la aplicación de una fórmula simplificada en la que interviene la concentración permisible del contaminante en el agua, la constante de decaimiento del contaminante y el tiempo de retención hidráulica. Para esto, se delimitó la superficie (A) de agua ocupada por la playa utilizando un GPS Marca Garmin, calibrado con el Datum WGS 84. A la vez, se determinó la temperatura del agua a través de una Ecosonda marca Garmin modelo Echo 200.



Seguidamente se calculó el caudal (Q), es decir, el volumen de agua que circula por el curso de agua en ese lugar y tiempo, mediante el método del flotador. Para ejecutarlo, se eligió un tramo del canal que sea recto y de sección transversal uniforme, de un metro de largo donde el agua escurra libremente. Se marcó en el terreno la longitud elegida y se tomó el tiempo que demora el flotador en recorrerla, con el fin de conocer la velocidad (V) que lleva el agua en esa sección (Bello y Pino, 2000).

Para conocer la velocidad del agua, se dividió el largo de la sección elegida, en metros, por el tiempo que demoró el flotador en recorrerla, expresado en segundos (Bello y Pino, 2000).

$$V = \frac{\text{largo sección}}{\text{tiempo de recorrido}} \quad (\text{Ecuación 11})$$

El resultado se expresa en m/s.

Conocida la velocidad del agua y la superficie de la zona, se aplicó la siguiente fórmula para calcular el caudal (Bello y Pino, 2000).

$$Q = A \times V \quad (\text{Ecuación 12})$$

El resultado se expresa en m³/s.

Universidad Nacional de Cuyo | Mendoza | Argentina

17, 18 y 19 de octubre de 2018

A continuación se estimó el Tiempo de Retención Hidráulica (TRH) mediante la fórmula (García, González y Loera, 2008):

$$TRH = \frac{A \times y}{Q} \quad (\text{Ecuación})$$

13) Donde: A = superficie (m²)

y = profundidad (m)

Q = Caudal (m³/s)

El resultado se expresa en s.

Tomando en cuenta la ecuación (Blázquez, 2016):

$$\frac{C_e}{C_o} = e^{-Kt(t)} \quad (\text{Ecuación})$$

14) Se tuvo que: C_e = Concentración de equilibrio en el efluente = C_p = Concentración máxima permisible en el cuerpo de agua.

C_o = Concentración inicial del contaminante = C_c = Capacidad de carga.

Sustituyendo en la Ecuación 14 (García, González y Loera, 2008):

$$\frac{C_p}{C_c} = e^{-Kt(TRH)} \quad (\text{Ecuación})$$

15)

Despejando C_p, tuvimos (García, González y Loera, 2008):

$$C_p = C_c \times e^{-Kt(TRH)} \quad (\text{Ecuación})$$

16)

Y para obtener la capacidad de carga (C_c) (García, González y Loera, 2008):

$$C_c = \frac{C_p}{e^{-Kt(TRH)}} \quad (\text{Ecuación})$$

17)

Donde: C_c = Capacidad de carga en mg/l, correspondiendo a la concentración permisible en la descarga

C_p = Concentración permisible de un contaminante en el agua = 5mg/l de DBO₅ para aguas de clase 2 (Resolución SEAM 222/02 y 255/06)

K_t = Constante de decaimiento del contaminante

La variación de la tasa de desoxigenación o constante de decaimiento del contaminante con la temperatura viene expresada por la siguiente relación matemática, derivada de la ecuación de Van Hoff-Arrhenius:

$$K_t^{T^{\circ}C} = K_t^{20^{\circ}C} \times \theta^{(T-20)} \quad (\text{Ecuación})$$

18) El coeficiente Θ varía entre 1,010 y 1,060. Normalmente se utiliza el valor de 1,047. Para ríos con contaminación baja se usa: K_t (20°C)=0.11 días⁻¹ (Suárez, 2008).

El valor obtenido en la capacidad de carga del agua fue comparado con la DBO₅ actual de la playa San José.

Determinación de Demanda Bioquímica de Oxígeno actual de la playa San José.

Primeramente se tomaron las muestras en botellas plásticas de 2 litros cada una, de tres puntos distintos en la zona de baño de la playa.



El método utilizado fue la Prueba de DBO de 5 días (SM 5210-B), el cual consiste en llenar con muestra hasta rebosar, un frasco hermético de 300ml, e incubarlo a temperatura de 20°C durante 5 días. El oxígeno disuelto (OD) se midió antes y después de la incubación (American Public Health Association [APHA], American Water Works Association [AWWA] y Water Pollution Control Federation [WPCF], 1992, p. 5-4).

El cálculo de DOB_5 para cada muestra se determinó a través de la siguiente fórmula (APHA, AWWA y WPCF, 1992):

$$DBO_5 = OD \text{ inicial} - OD \text{ final} \text{ (Ecuación 19)}$$

Se realizó un promedio de los tres valores obtenidos. El resultado se expresa en mg/l.

Resultados y Discusión

• **Determinación de la capacidad de carga física, real y la capacidad de manejo.**

Capacidad de carga física CCF

La CCF para la franja de playa en San José es estimada en 5.939 usuarios simultáneamente por día. Según la información de las autoridades locales, este valor que simplemente tiene en cuenta la superficie total de playa y el área ocupada por cada visitante, se ve ampliamente rebasado en temporadas altas. Esto podría traer consigo graves problemas de deterioro ambiental como la erosión del suelo, la degradación de la

calidad del aire e incluso la disminución en la satisfacción de los usuarios.

Comparando este valor con el cálculo de CCF aplicado a la Playa de Tamandaré, Brasil se puede observar que la capacidad de la playa San José es mucho menor. Esto se debe a que la superficie total de la playa brasilera fue de 121.312 m² y para el área ocupada por visitante se utilizó la razón de 10 m²/usuario ya que se trata de un área adecuada al confort y la calidad de la experiencia de los visitantes (Dias e Cordeiro *et al.*, 2012).

Capacidad de carga real CCR

Para el cálculo de la Capacidad de Carga Real CCR tal como se describe en la metodología, se sometió la Capacidad de Carga Física CCF a una serie de factores de corrección.

Elementos que afectan o limitan el uso de la playa (factores de corrección):

FCero: Erodabilidad

El factor erodabilidad no se aplica en la playa San José debido a que su pendiente es de 2,96% siendo mucho menor al 10%. Según los rangos establecidos en el marco metodológico se puede afirmar que ostenta bajo o ningún riesgo de erosión y por lo tanto es una consideración poco significativa al momento de establecer restricciones de uso. Es decir, este factor no precisa ser corregido.

FCacc: Accesibilidad

Este factor de corrección tampoco aplica a la playa San José debido a que su

pendiente es de 2,96% siendo mucho menor al 10%. El grado de dificultad que podrían tener los visitantes para moverse libremente, debido a la pendiente es muy bajo y no precisa corrección.

FCpre: Precipitación

El factor precipitación es 69% limitante haciendo difícil la visita a la playa durante los días de lluvia.

FCsol: Brillo solar

El factor brillo solar es 74% limitante. La intensidad del sol es demasiado fuerte haciendo difícil las visitas al sitio sin cobertura, esto podría traer consigo serios problemas de insolación en los visitantes.

FCctem: Cierres temporales

Este factor representa una limitación del 96% el cual, por razones de mantenimiento la visita a la playa es restringida o impedida temporalmente. Esto se realiza para mejorar el disfrute de los visitantes y la calidad de higiene del sitio.

El límite máximo de visitas, determinado a partir de la CCF de la playa, luego de someterla a los factores de corrección definidos en función de las características particulares del sitio es de 2.912 usuarios simultáneamente por día. La cantidad media de turistas estimado por las autoridades locales es de 15.000 usuarios/día, este valor es cinco veces mayor a la CCR sugerida.

Por último, se observa que el valor inicial de CCF es notablemente disminuido por

los factores de corrección, debido a que la manera en que opera el modelo de cálculo presentado, hace que estos factores independientemente se multipliquen. Esto muestra que la capacidad de acogida de la playa San José no es muy alta si se desea conservar su estado actual. Si se quiere aumentar su capacidad de recepción, debe incrementarse la superficie de la zona de berma, aquí denominada Playa disponible para usuarios.

Capacidad de manejo CM

Se analizan las variables: infraestructura, equipamiento y personal por medio de listas de chequeo calificadas mediante la escala adaptada de la Norma ISO 10004.

La Capacidad de Manejo de la playa San José expresada en el porcentaje del óptimo es de 91,03%, en donde se contemplan aspectos de infraestructura, equipo y personal. Para analizar estos datos se tomó como base lo observado durante las visitas realizadas a la playa. Esta CM podría aumentar si se mejora el estado de ciertas infraestructuras y si se contara en la playa con algunos equipamientos faltantes. Este es un dato que modifica la capacidad de carga efectiva.

Las características que definen la capacidad de manejo de la playa pueden ser transformadas en indicadores de gestión, los cuales podrán aumentar el número efectivo de visitantes por día, sin

deteriorar los elementos físicos naturales de la playa e incrementando su capacidad de manejo.

•Definición de la capacidad de carga efectiva CCE, teniendo en cuenta la capacidad de carga física, real y la capacidad de manejo

Se observa según la fórmula de la Capacidad de Carga Efectiva que el límite máximo recomendado es de 2.651 usuarios simultáneamente por día, por lo que una sobrecarga de la playa por encima de este valor, sin una buena capacidad operativa de manejo de visitantes, llevaría a la playa a un rápido deterioro. No obstante, este resultado no debe ser asumido de forma directa. La lectura del mismo puede interpretarse de diversas formas. Las 2.651 personas/día indica que ésta es la cantidad de personas que soporta la playa con las condiciones actuales, pero es evidente que, si bien hay temporadas con mucha más gente, existen largos períodos del año donde no va nadie a esta playa, por lo que el promedio actual a lo largo de un año puede estar entre los valores de la CCE y CCR.

Comparando con la CCE obtenida en la Playa Tamandaré, la cual considera que el órgano gestor del área sólo puede manejar el 20% de la CCR, se observa que el límite máximo recomendado de personas es de 1.828 visitantes simultáneamente (Dias e Cordeiro *et al.*,

2012), mucho menor al valor obtenido para la playa San José en el presente estudio.

Los tres niveles de Capacidad de Carga tienen una relación que puede representarse como sigue:

$$\begin{aligned} CCF &\geq CCR &\geq CCE \\ 5.939 &\geq 2.912 &\geq 2.651 \end{aligned}$$

•Estimación de la capacidad de carga del agua en el sector playa, comparando con la DBO₅ actual

Datos obtenidos:

DBO₅ actual = 0,53 mg/l

Superficie (A) = 27.953 m²

Profundidad (y) = 1,4 m. Este valor se obtiene a partir del promedio realizado ya que la profundidad varía entre 1,2 m y 1,6 m (S. Godoy, comunicación personal, 02 de agosto de 2017).

Temperatura del agua (T) = 18°C

Velocidad (V) = 0,063 m/seg. Este valor se obtiene dividiendo el largo de la sección (1 m) y el tiempo de recorrida cuyo promedio es de 15,706 seg.

Caudal: 1.761,039 m³/seg

Tiempo de Retención Hidráulica: 22,221 seg.

Se observa que 5,005 mg/l de DBO₅ es la tolerancia del agua de la playa para recibir materia orgánica, oxidarla y degradarla en el corto tiempo, sin la necesidad de la intervención humana; considerando que el sistema es léntico debido a su morfología de embalse, en la cual el movimiento del agua es bajo presentando un escaso

caudal. Este valor es el mismo al límite superior en cuanto a DBO_5 para aguas de clase 2 establecido en la Resolución de la SEAM 222/02.

Al observar el trabajo realizado por García, González y Loera (2008), puede verse que la capacidad de carga del agua fue de 45 mg/l de DBO_5 . Este valor es mucho mayor al obtenido en la Playa San José; pero cabe mencionar que la realidad en cuanto al escenario de aplicación no fue el mismo, el trabajo fue aplicado en un humedal mexicano cuyo tiempo de retención hidráulico fue de 0,23 días y su constante de decaimiento del contaminante de 10,48 d^{-1} .

El valor de DBO_5 obtenido en el mes de setiembre de 2017 es de 0,53 mg/l, con esto queda evidenciado el escaso contenido en materia orgánica biodegradable del cuerpo de agua en la zona de la playa San José en esta época de año, en la cual existe mínima actividad debido a que la afluencia de visitantes se da entre los meses de diciembre a febrero. Comparando el valor obtenido en el laboratorio con la DBO_5 calculada en la capacidad de carga, se puede ver que este valor está muy por debajo del límite. Lo que indica que en este periodo el agua de la playa está en condiciones normales según la normativa vigente.

Conclusiones

Teniendo en cuenta el objetivo general, el primer aspecto que se debe considerar en un estudio de capacidad de carga es verificar si el nivel de uso real es acorde a la capacidad de carga sugerida.

Tomando como base el límite máximo recomendado, que según la Capacidad de Carga Efectiva o Turística es de 2.651 usuarios en simultáneo, y comparando con los 15.000 usuarios/día (cantidad media de turistas surgida de las estimaciones de las autoridades locales) en temporada alta (diciembre a febrero), se observa que el área está admitiendo más visitantes de lo que se encuentra en capacidad de recibir.

En lo que se refiere a la estimación de la Capacidad de Carga Física, arrojó un valor de 5.939 usuarios en simultáneo, la Capacidad de Carga Real fue de 2.912 usuarios/día y la Capacidad de Manejo resultó en 91,03%.

En cuanto a la estimación de la Capacidad de Carga del agua en el sector playa, se obtuvo un valor de 5,005 mg/l de DBO_5 , el cual es el mismo al establecido en la Resolución de la SEAM 222/02, en la cual se establece el padrón de calidad de las aguas en el territorio nacional. Comparando con el valor de DBO_5 de 0,53 mg/l obtenido en laboratorio, se observa que el nivel de materia orgánica biodegradable es muy bajo, quedando evidenciado que este valor está por

debajo de lo calculado en la capacidad de carga.

La ejecución de esta herramienta de planificación y gestión ambiental es importante ya que contribuye al desarrollo sustentable del turismo y evita los niveles de saturación que ponen en peligro a esta playa de uso público.

Bibliografía

American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) y Water Pollution Control Federation (WPCF). (17ma). (1992). *Métodos normados para el análisis de aguas potables y residuales*. Madrid, España: Editorial Díaz de Santos. ISBN: 84-7978-031-2. pp. 5-4 – 5-11.

Aranguren, J., Moncada, J., Naveda, J., Rivas, D. y Lugo, C. (2008). *Evaluación de la capacidad de carga turística en la playa Conomita, Municipio Guanta, Estado Anzoátegui*. Revista de Investigación, (64). pp. 31 - 61.

Bello, M. y Pino, M. (2000). *Medición de presión y caudal*. Punta Arenas, Chile. Boletín INIA N°28. ISSN 0717-4829. pp. 10 - 11.

Blázquez, J. (2016). *Análisis de los modelos de diseño de los sistemas naturales de depuración*. Alicante, España.

Cifuentes, M. (1992). *Determinación de capacidad de carga turística en áreas protegidas*. Tarrialba, Costa Rica: Centro

Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

Cifuentes, M., Mesquita, C., Méndez, J., Morales, M., Aguilar, N., Cancino, D., Gallo, M., Jolón, M., Ramírez, C., Ribero, N., Sandoval, E. y Turcios, M. (1999). *Capacidad de carga turística de las áreas de uso público del Monumento Nacional Guayabo, Costa Rica*. Turrialba, Costa Rica: WWF Centroamérica.

Dias e Cordeiro, I., Körössy, N., y Fragoso, V. (2012). Determinación de la capacidad de carga turística. El caso de Playa de Tamandaré – Pernambuco – Brasil. Estudios y Perspectivas en Turismo, 21. pp. 1630 - 1645.

Dirección Nacional de Aeronáutica Civil – DINAC. (2017). *Registro de heliofanía y precipitación mensual*.

García, J., González, I. y Loera, E. (2008). *Estimación de la Capacidad de Carga en Humedales*. San José del Cabo, México. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Organización Mundial de la Salud - OMS (2015). *¿Qué medidas sencillas pueden tomarse para protegerse del sol?* [en línea]. [Fecha de consulta: 04 de setiembre de 2017]. Disponible en: <http://www.who.int/features/qa/40/es/>

Roig i Munar, F. (2002). *Análisis de capacidad de carga en los espacios litorales, calas y playas, situados en áreas naturales de especial interés de la isla de Menorca*. Almería, España.

Ruschmann, D., Paolucci, L. y Maciel, N. (2008). *Capacidade de carga no planejamento turístico: estudo de caso da Praia Brava – Itajaí frente à implantação do Complexo Turístico Habitacional Canto da Brava* [en línea]. Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo 2(2). ISSN: 1982-6125. [Fecha de consulta: 22 de marzo de 2017]. Disponible en: <https://rbtur.org.br/rbtur/article/view/102/142>

Secretaría del Ambiente de Paraguay - SEAM. (22 de abril de 2002). *Resolución por la cual se establece el padrón de calidad de las aguas en el territorio nacional*. [Resolución 222 de 2002].

Secretaría del Ambiente de Paraguay - SEAM. (17 de febrero de 2006). *Resolución por la cual se establece la clasificación de las aguas superficiales de la República del Paraguay*. [Resolución 255 de 2006].

Suárez, J. (2008). *Tema 5 Calidad de Aguas en Ríos Autodepuración*. La Coruña, España. pp. 21 - 22.