III CONFERENCIA PANAMERICANA DE SISTEMAS
DE HUMEDALES PARA EL TRATAMIENTO Y MEJORAMIENTO DE
LA CALIDAD DEL AGUA

ESTUDIO TÉCNICO MULTIDISCIPLINARIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE HUMEDALES ARTIFICIALES PARA SANEAMIENTO DEL APORTE DEL RÍO AMANALCO A LA PRESA DE VALLE DE BRAVO

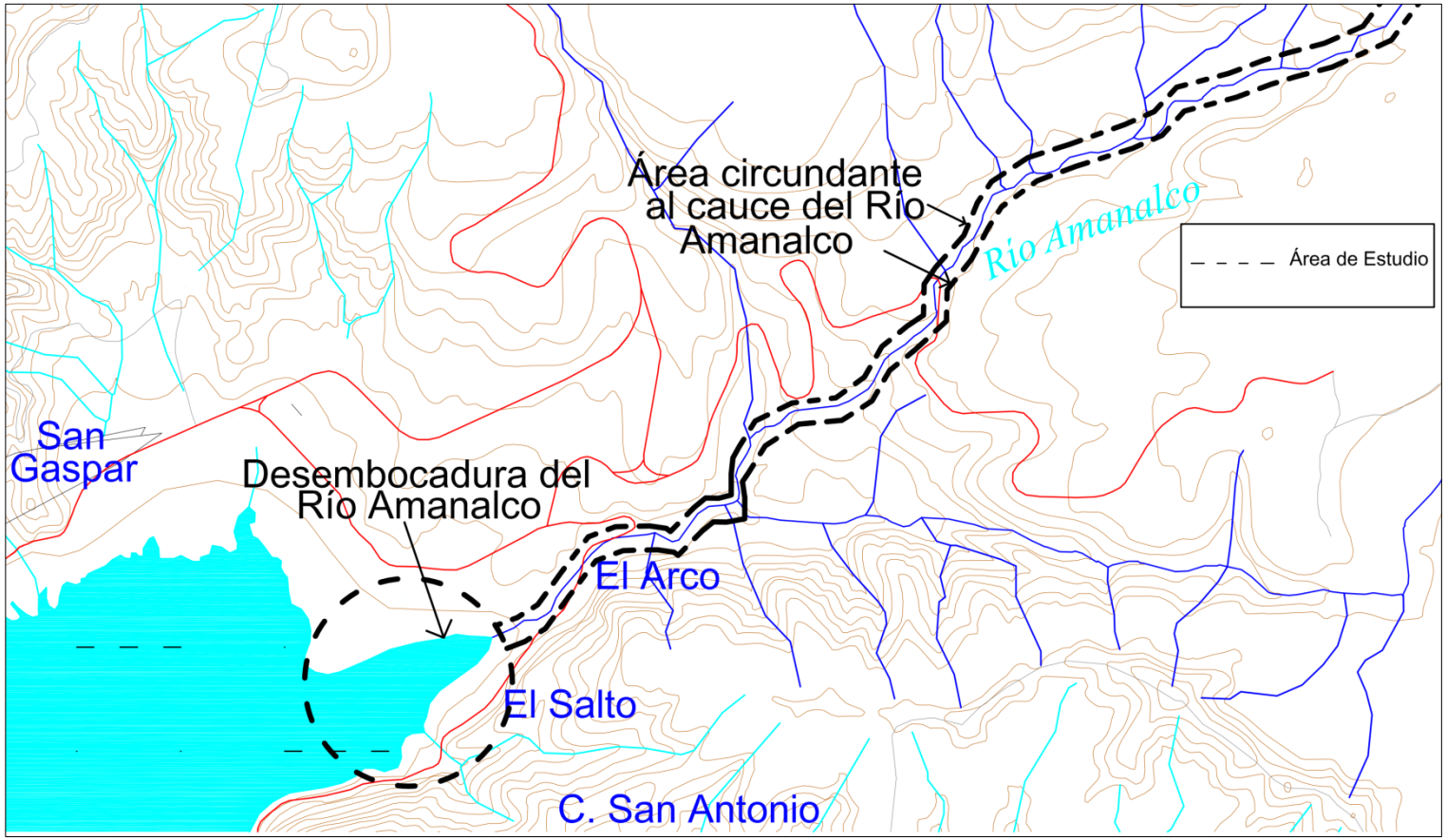
VÍCTOR M. LUNA PABELLO
FACULTAD DE QUÍMICA, UNAM

SANTA FE, ARGENTINA, MAYO, 2016

CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

GAIA®
Estudios Ambientales - UNAM
Grupo Académico Interdisciplinario Ambiental

Ubicación geográfica del área de estudio



Desembocadura del Río Amanalco y áreas circundantes al mismo
en los municipios de Valle de Bravo y Amanalco

Contenido

I. Introducción

- I.1 Identificación de la problemática
- I.2 Objetivos
- I.3 Ubicación geográfica del área de estudio

II. Antecedentes

- II.1 Antecedentes de los SHA
- II.2 Justificación de la implementación de Humedales Artificiales
- II.3 Históricos de calidad del agua
- II.4 Históricos de caudal e inundaciones
- II.5 Información sobre fuentes de contaminación al Río Amanalco

III. Estrategia de trabajo

- III.1 Trabajos de gabinete
- III.2 Campo
- III.3 Laboratorio
- III.4 Metodologías para la evaluación de sitio

Contenido

IV. Levantamiento de información en campo

IV.1 Recorrido por el personal de las especialidades en ambiental, urbanismo, jurídico y geomorfología.

IV.2 Toma de muestras de agua para análisis fisicoquímicos y bacteriológicos

IV.3 Toma de fotografías aéreas para reconocimiento del área.

V. Análisis de la calidad de las muestras de agua (parámetros de norma y de utilidad para el diseño)

V.1 Fisicoquímicos

V.2 Bacteriológicos

VI. Evaluación del área de estudio

VI.1 Aspectos jurídicos

VI.2 Aspectos ambientales

VI.3 Aspectos urbanos y sociales

VI.4 Aspectos geomorfológicos e hidrológicos

Contenido

VII. Evaluación de sitios potenciales aguas arriba para el SHA

VII.1 Criterios de selección de sitios del SHA

VII.2 Plano de localización de las áreas potenciales

VII.3 Informe de evaluación

VIII. Estudio hidrológico de la cuenca del Río Amanalco

VIII.1 Características físicas e hidrológicas de la cuenca del Río Amanalco

VIII.2 Estudio hidrológico

IX. Conceptualización del sistema propuesto

IX.1 Filosofía y lineamientos del sistema propuesto

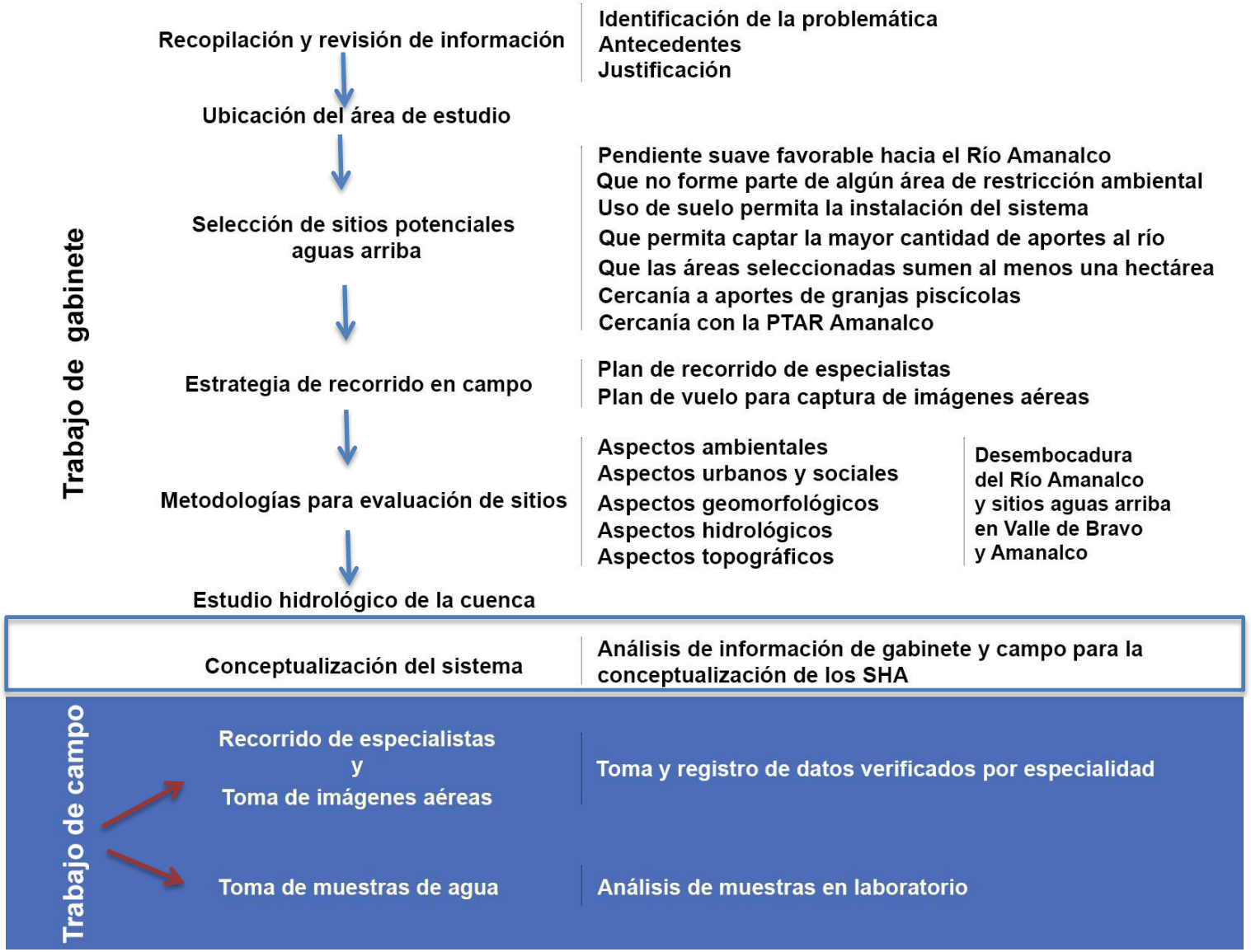
IX.2 Descripción general del sistema propuesto

IX.3 Diagramas conceptuales del sistema propuesto

Objetivo

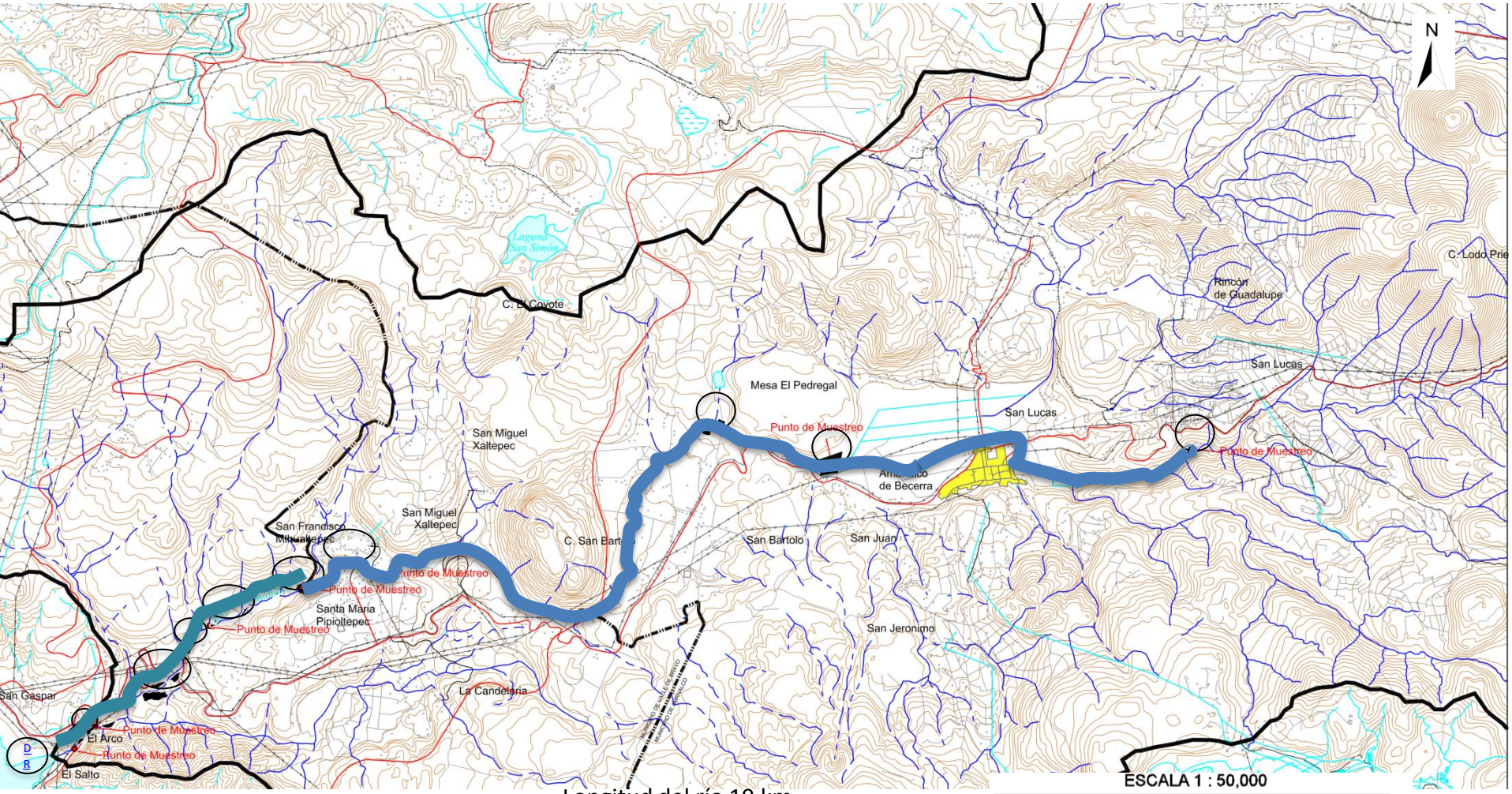
Desarrollar los estudios básicos para determinar las condiciones de los sitios potenciales en donde se pretende implementar el sistema de humedales artificiales (SHA), para el saneamiento del agua del Río Amanalco.

Esquema de trabajo



Ubicación geográfica del área de estudio

PLANO DE LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO (—)

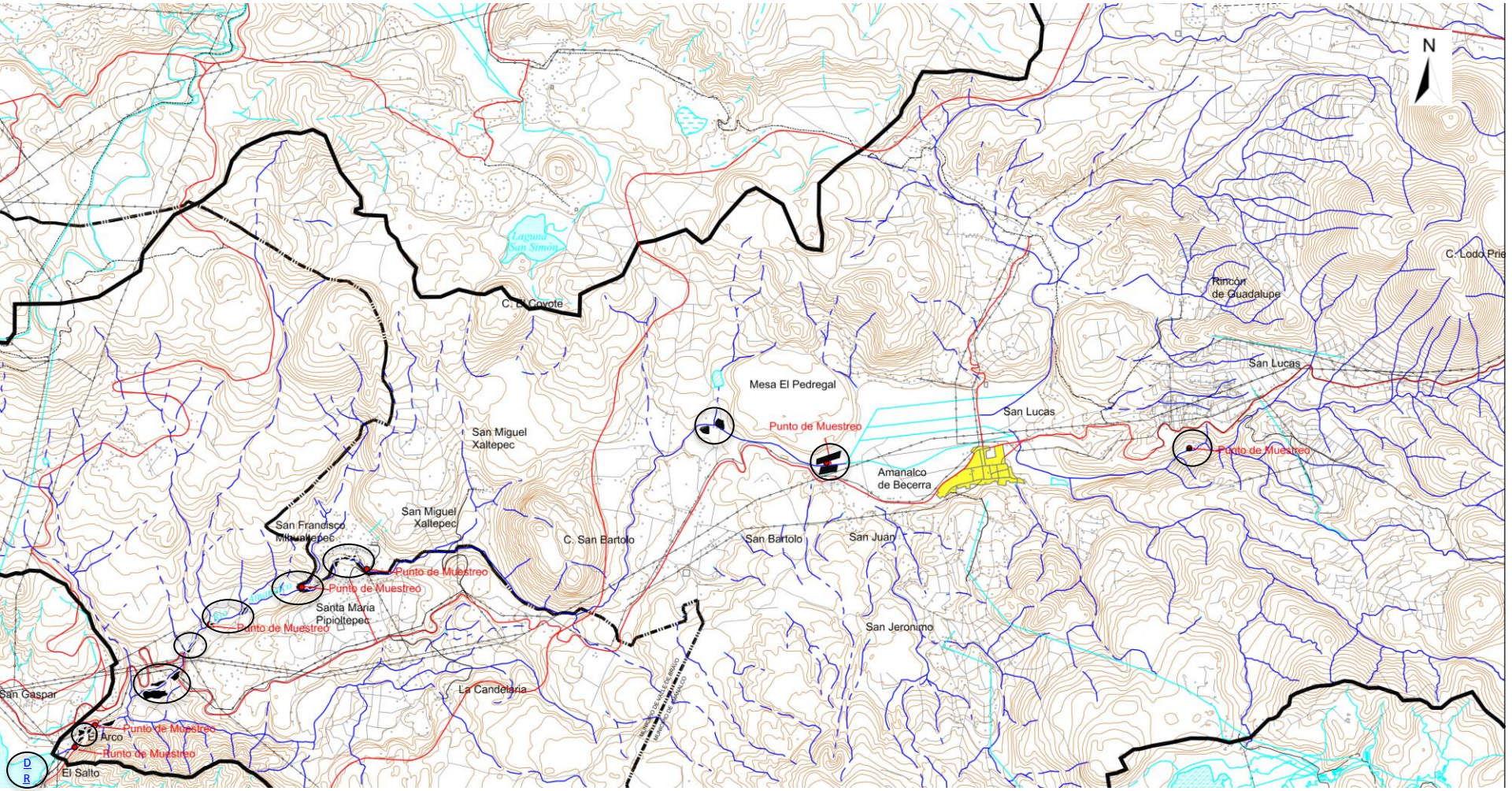


Longitud del río 19 km

CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

GAIA
Estudios Ambientales - UNAM
Grupo Académico Interdisciplinario Ambiental

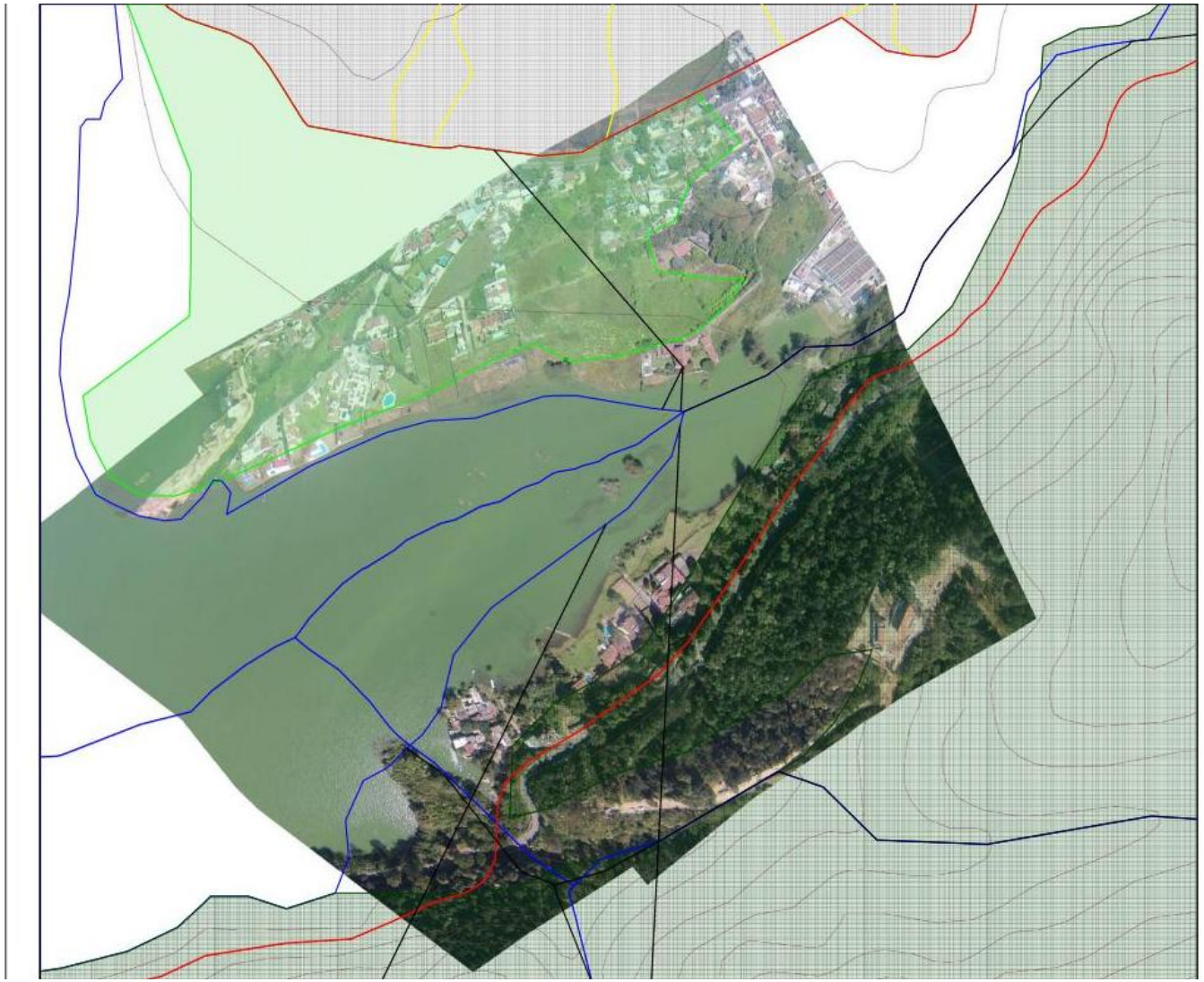
PLANO DE LOCALIZACIÓN DE LAS ÁREAS POTENCIALES Y PUNTOS DE MUESTREO

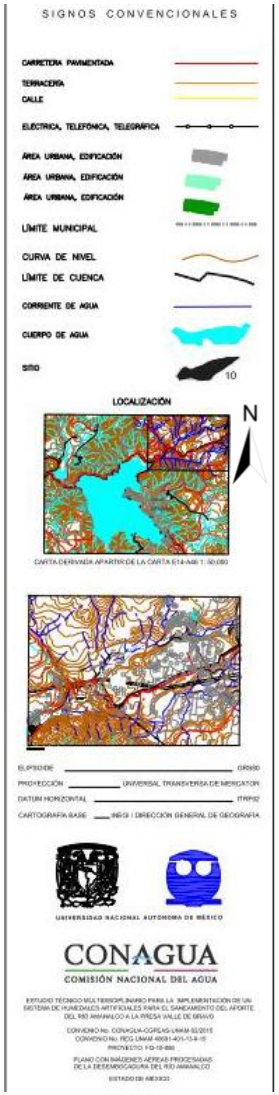


CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

GAIA®
Estudios Ambientales - UNAM
Grupo Académico Interdisciplinario Ambiental

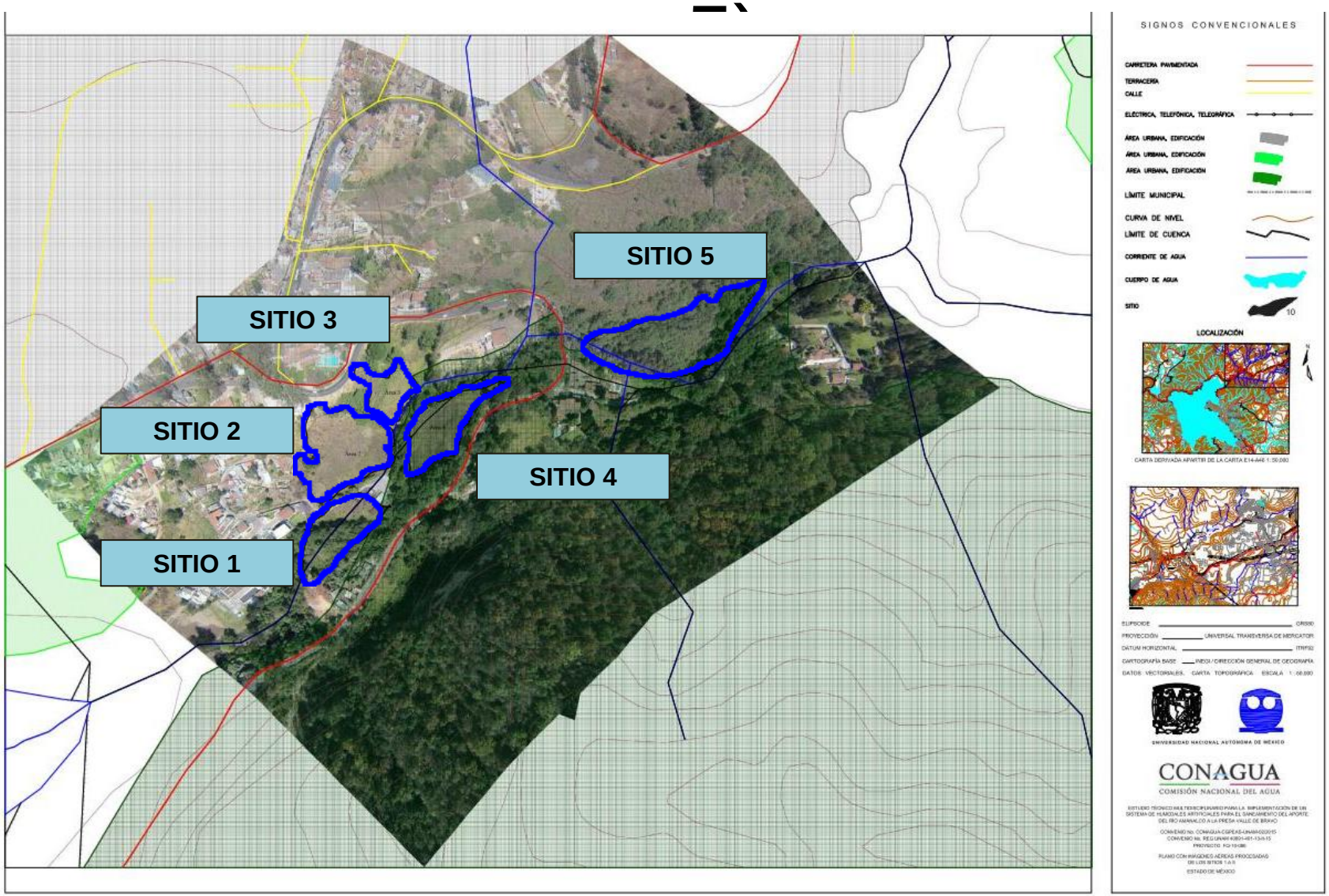
FOTOGRAFÍA AÉREA DESEMBOCADURA DEL RÍO AMANALCO



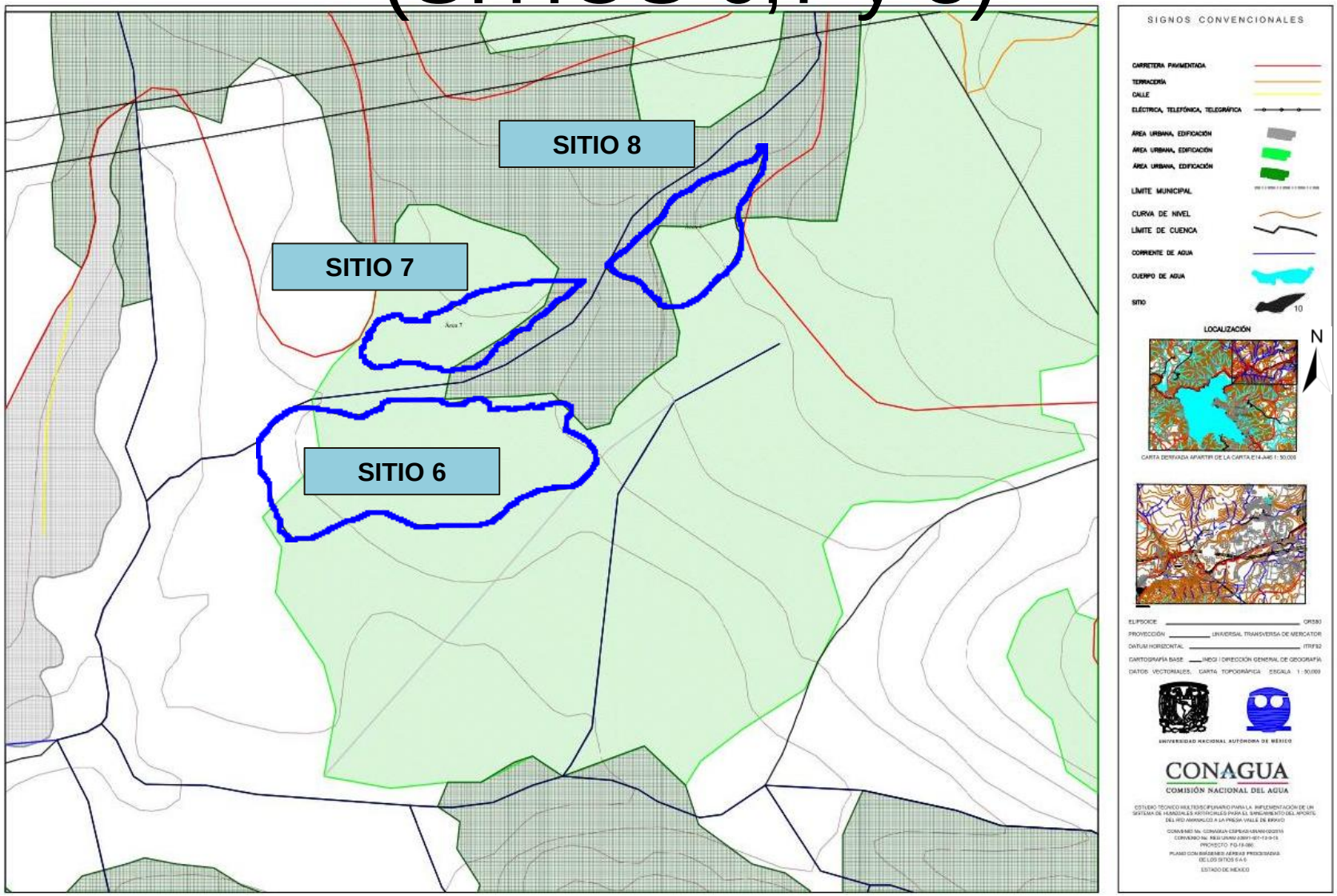


FOTOGRAFÍA AÉREA (SITIOS 1,2,3,4 Y 5)

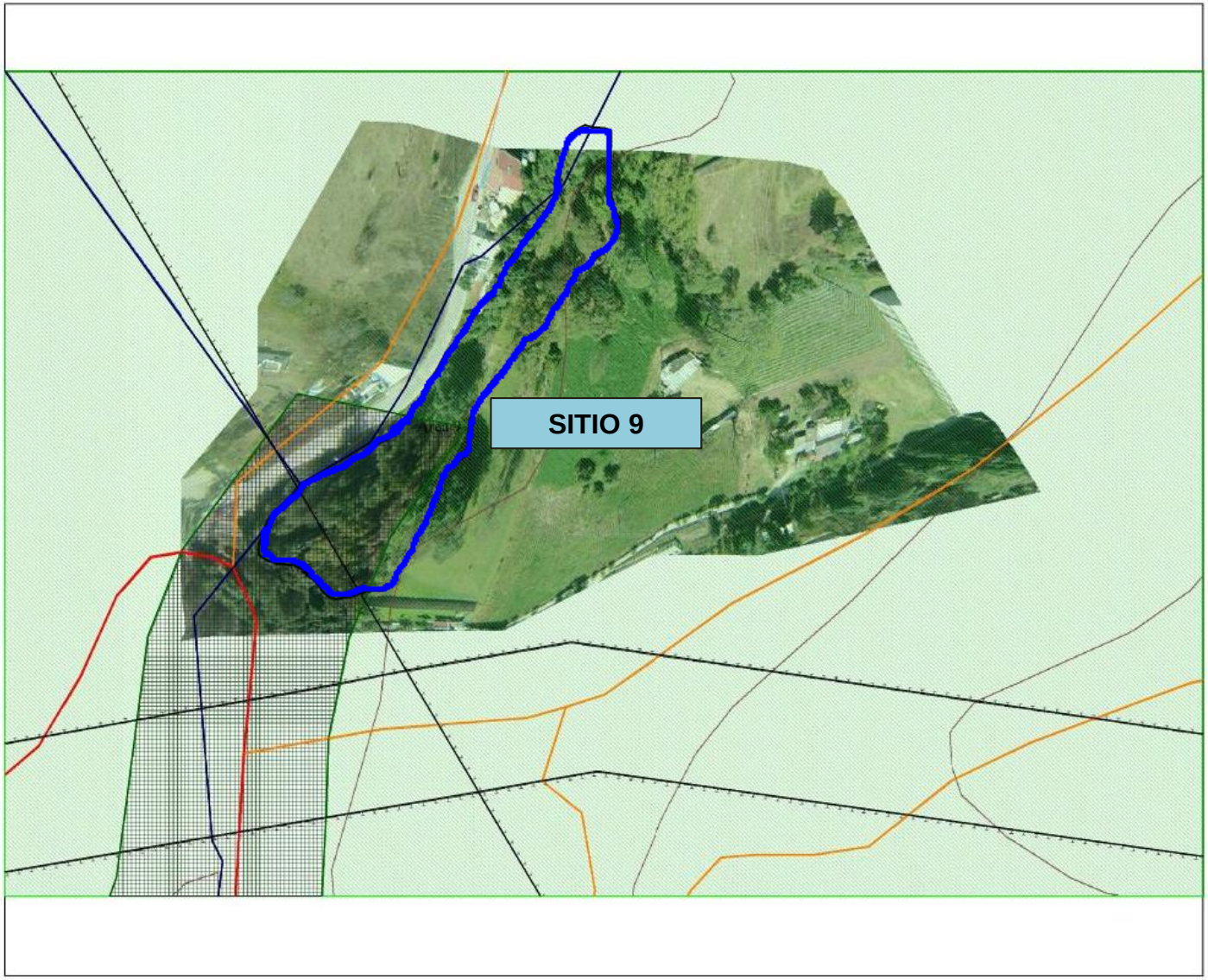
MSS

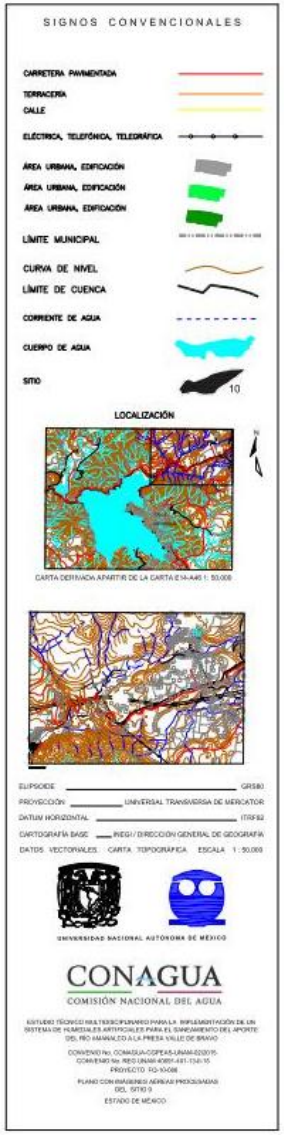


(SITIOS 6,7 y 8)

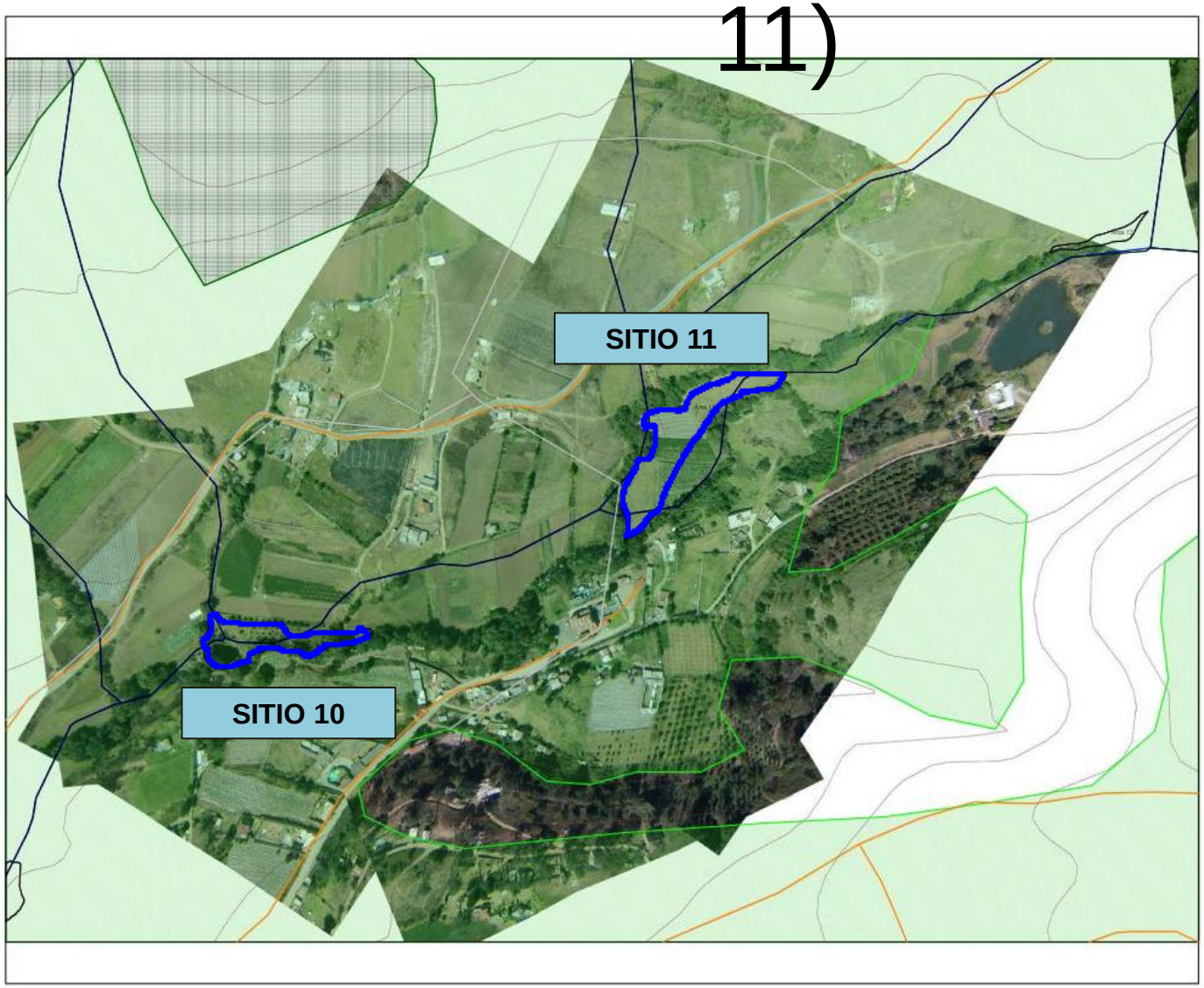

SITIO 8
SITIO 7
SITIO 6
SIGNOS CONVENCIONALES
CARRETERA PAVIMENTADA
TERRACERÍA
CALLE
ELÉCTRICA, TELEFÓNICA, TELEGRÁFICA
ÁREA URBANA, EDIFICACIÓN
ÁREA URBANA, EDIFICACIÓN
ÁREA URBANA, EDIFICACIÓN
LÍMITE MUNICIPAL
CURVA DE NIVEL
LÍMITE DE CUENCA
CORRIENTE DE AGUA
CUERPO DE AGUA
SITIO
10
LOCALIZACIÓN
N
ELIPSOIDE
PROYECCIÓN
UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
DATUM HORIZONTAL
CARTOGRAFÍA BASE
INEGI / DIRECCIÓN GENERAL DE GEOGRAFÍA
DATOS VECTORIALES. CARTA TOPOGRÁFICA ESCALA 1:50,000
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

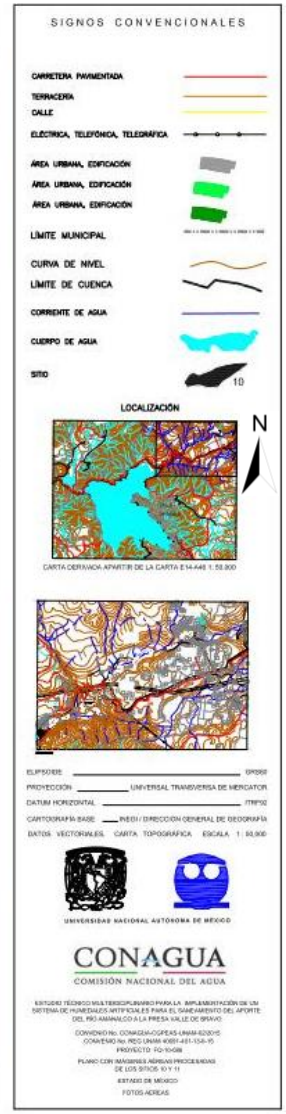
FOTOGRAFÍA AÉREA (SITIO 9)



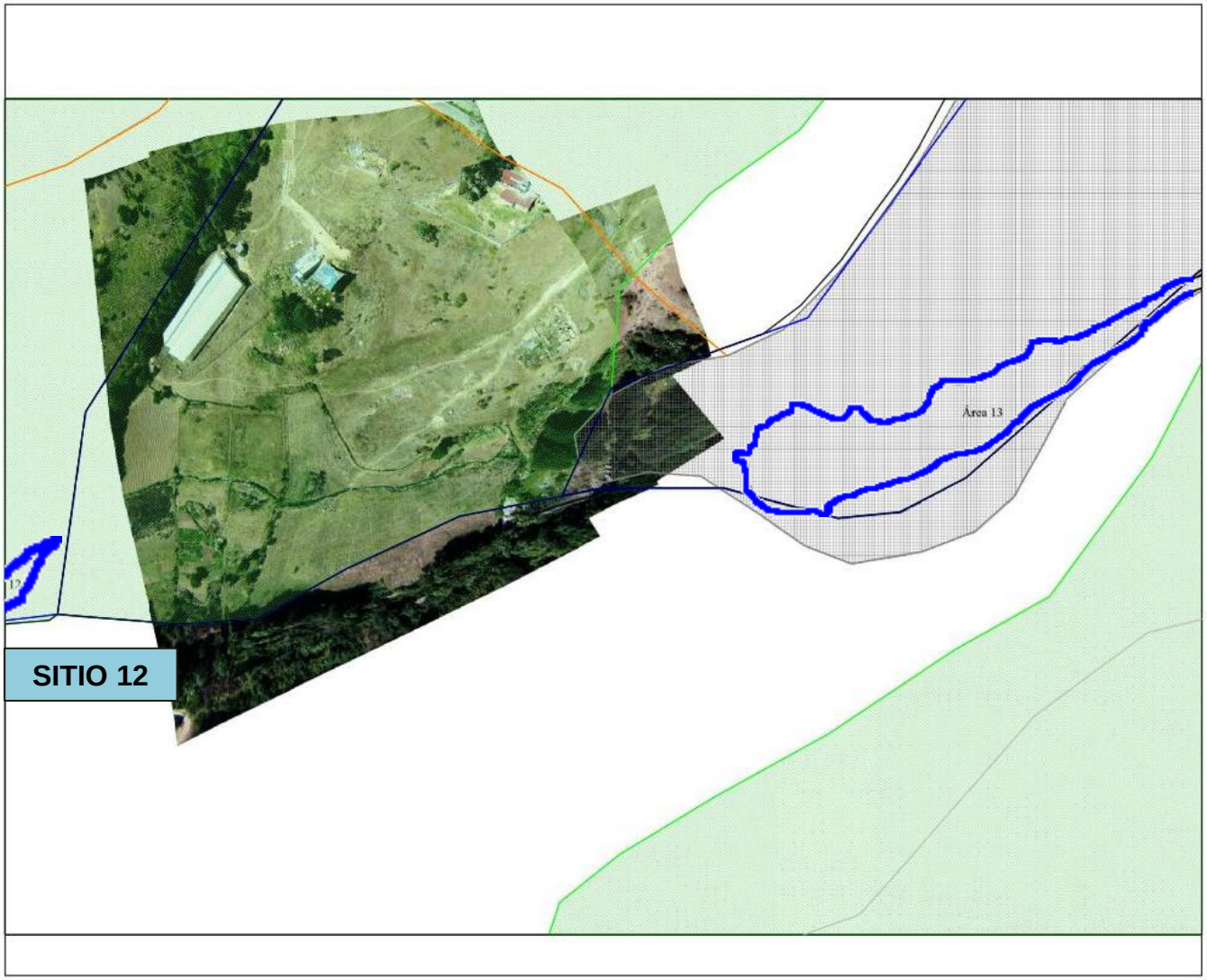


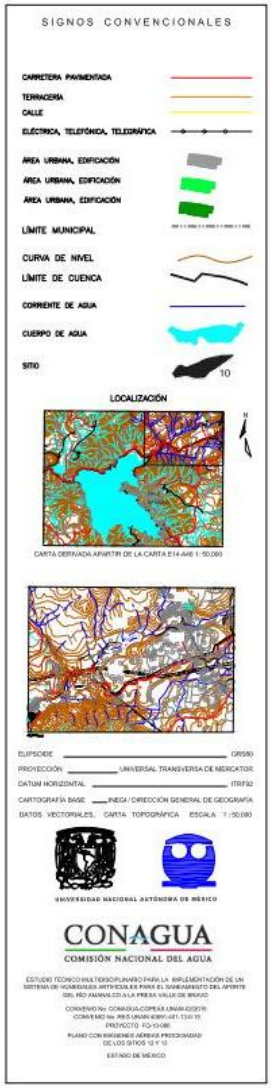
FOTOGRAFIA AEREA (SITIOS 10 y 11)



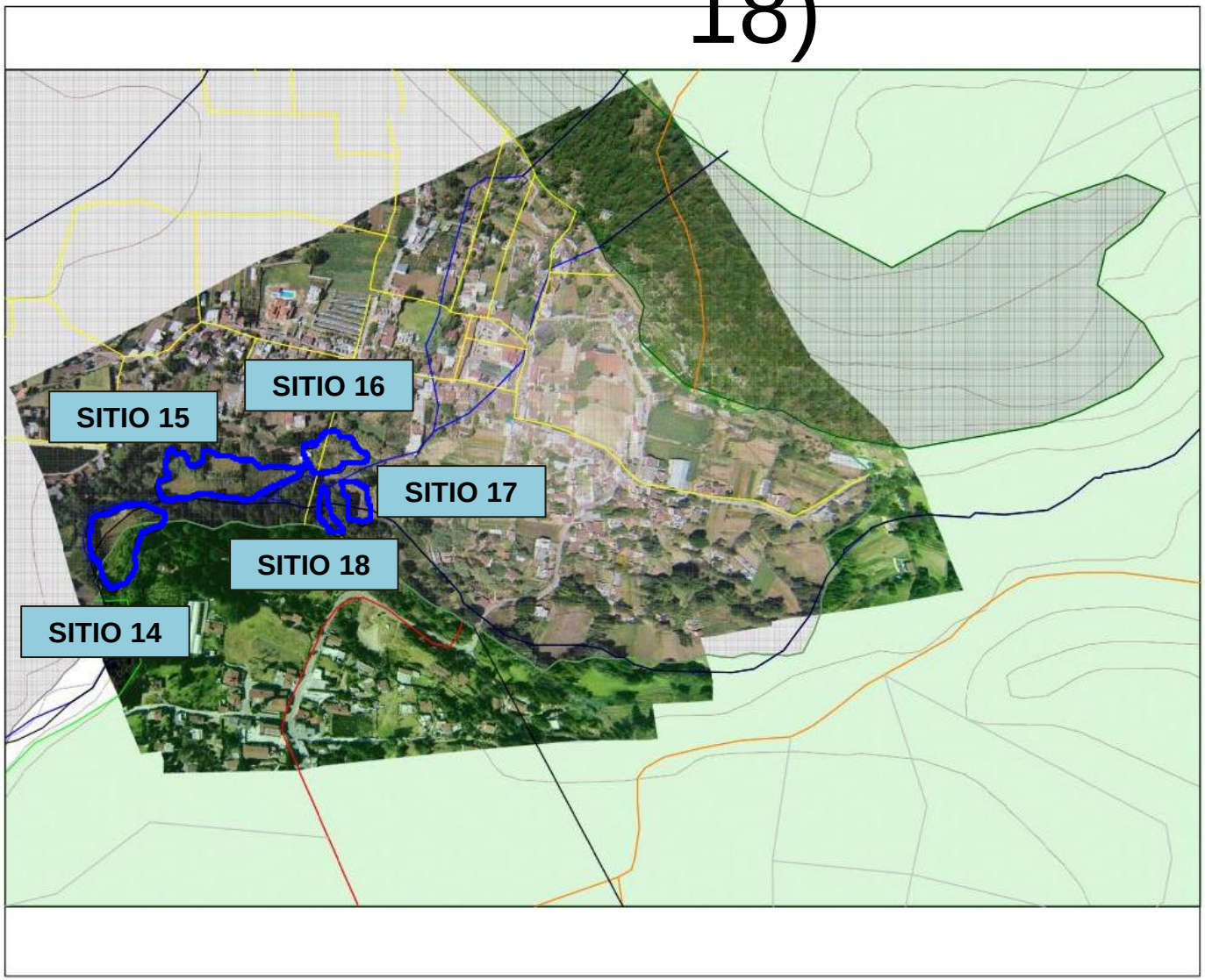


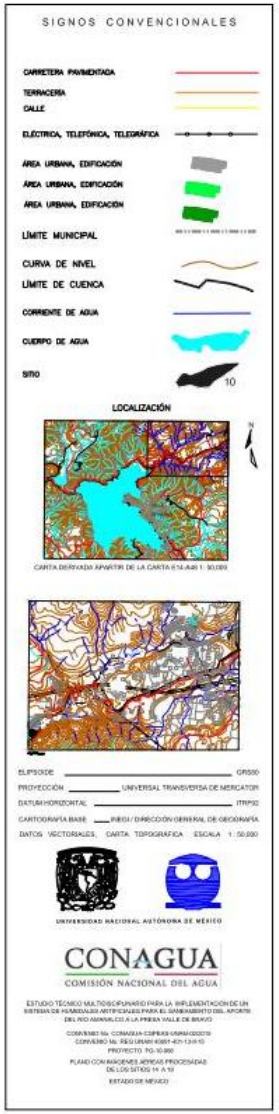
FOTOGRAFÍA AÉREA (SITIOS 12 y 13)



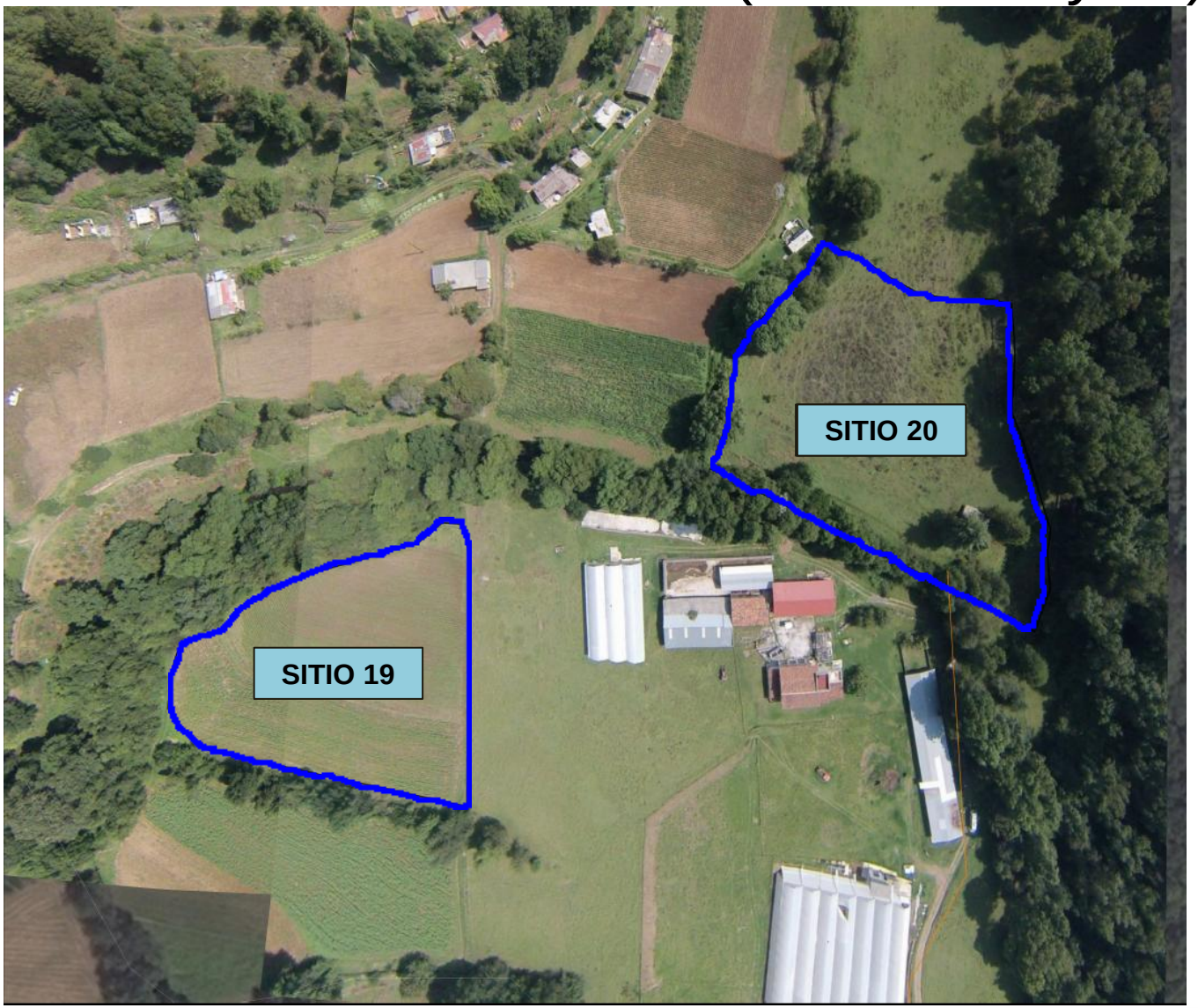


FOTOGRAFIA AEREA (SITIOS 14 A 18)

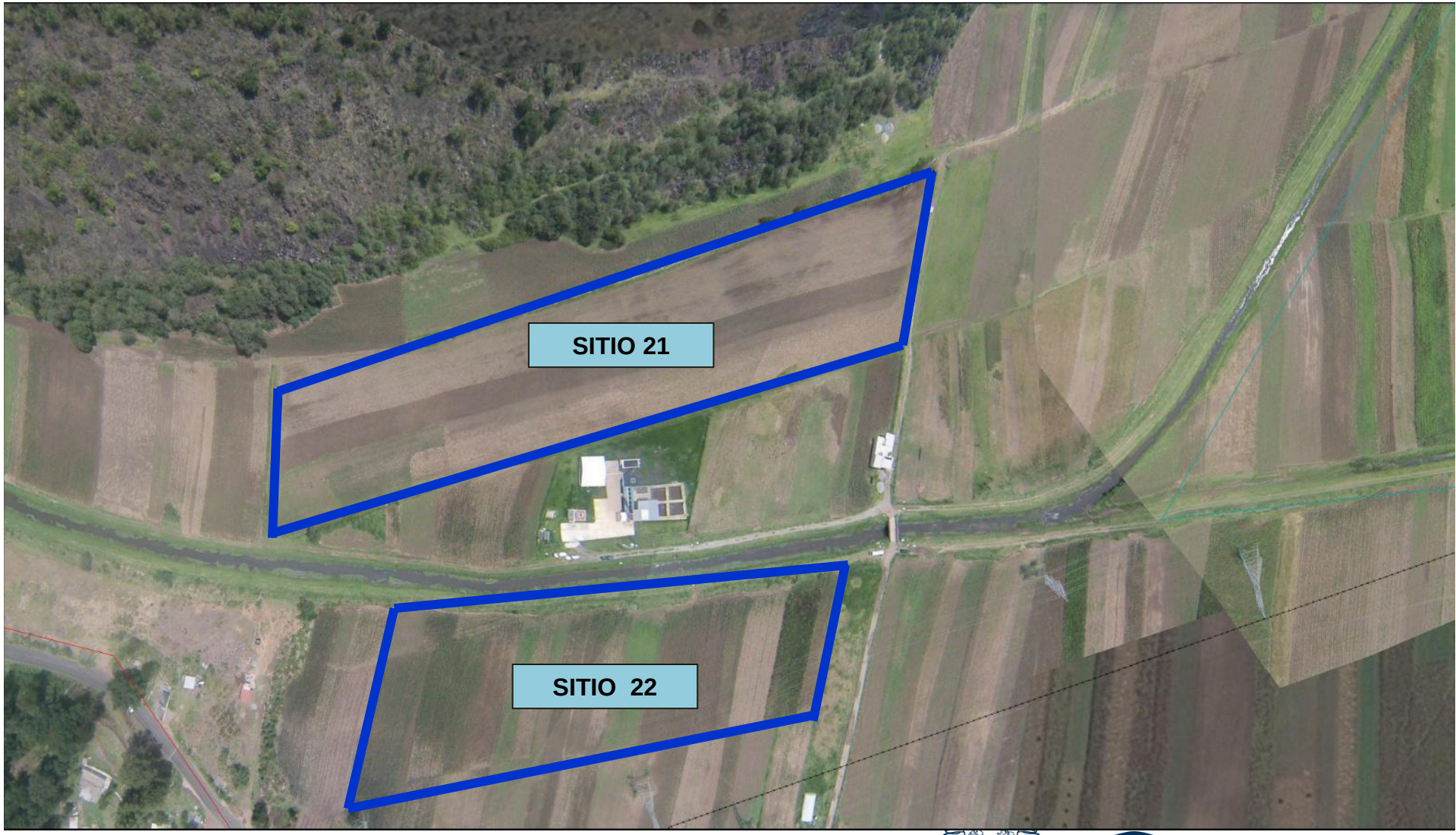




FOTOGRAFÍA AÉREA (SITIOS 19 y 20)



FOTOGRAFÍA AÉREA (SITIOS 21 y 22)



FOTOGRAFÍA AÉREA (SITIO 23)

RESULTADOS GENERALES

- Visita a la Desembocadura del Río Amanalco y 23 sitios potenciales aguas arriba.

- Evaluación de aspectos:
  - Ambientales
  - Urbano sociales
  - Geomorfológicos
  - Hidrológicos (estudio hidrológico)
  - Topografía

- 6 puntos de muestreo de agua:
  - DQO: en algunos casos por arriba de límites para protección de vida acuática.
  - Nitrógeno ($N\text{-}NH_3$, $N\text{-}NO_3$, $N\text{-}NO_2$) en algunos casos por arriba de límites para protección de vida acuática y para control de la eutroficación ($N\text{-}NH_4$, 0.5-1 mg/L)
  - Fósforo (PO_3^{2-}) en algunos casos por arriba de límites para protección de vida acuática y para control de la eutroficación (0.5 -1.5 mg/L).
  - Coliformes fecales: por encima de la NOM-001-SEMARNAT-1996

- 5 sitios potenciales de los que se desprenden 11 alternativas conceptuales

RESULTADOS DE CALIDAD DE AGUA (MARZO, ABRIL y MAYO, 2015): DESEMBOCADURA DEL RÍO AMANALCO

Parámetro	Unidades	Marzo	Abril	Mayo
Materia flotante		Ausente	Ausente	Ausente
Cloruros	mg/L	<10	<10	<10
DBO_5	mg/L	4	<2	<2
DQO	mg/L	13	80	<10
Fósforo total	mg/L	0.71	0.2	2.84
Fosfatos	mg/L	0.53	0.18	0.25
Grasas y aceites	mg/L	<5	<5	<5
Nitrógeno total Kjeldahl	mg/L	1.21	1.22	18.92
N-Nitratos	mg/L	0.42	0.11	0.02
N-nitritos	mg/L	0.011	0.015	0.027
Nitrógeno amoniacal	mg/L	0.36	0.64	9.55
Nitrógeno total	mg/L	1.641	1.345	18.967
Sólidos suspendidos totales	mg/L	<5	<5	370
Sólidos sedimentables	mL/L	<0.1	<0.1	0.5
Arsénico	mg/L	0.0004	<0.0002	0.0022
Cadmio	mg/L	<0.005	<0.005	0.006
Cianuros	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001
Cobre	mg/L	<0.006	<0.006	<0.006
Cromo	mg/L	<0.008	<0.008	<0.008
Mercurio	mg/L	0.0003	0.0008	0.0003
Níquel	mg/L	<0.02	<0.02	<0.02
Plomo	mg/L	<0.02	<0.02	<0.02
Zinc	mg/L	0.015	0.006	0.059
Fierro	mg/L	0.23	0.18	6.88
Manganeso	mg/L	<0.01	<0.01	0.2
Huevos de helminto	Huevos/L	0	0	0
Coliformes fecales	NMP/100 mL	≥2400	≥2400	≥2400

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES FISICOQUÍMICOS (NOM-001-SEMARNAT-1996)

Parámetros	Ríos		Embalses	
(mg/L)	Uso público urbano (B)		Uso público urbano (C)	
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
Temperatura a °C	40	40	40	40
Grasas y aceites	15	25	15	25
Materia flotante	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos sedimentables (mL/L)	1	2	1	2
Sólidos suspendidos totales	75	125	40	60
DBO_5	75	150	30	60
Nitrógeno total	40	60	15	25
Fósforo total	20	30	5	10
Arsénico	0.1	0.2	0.1	0.2
Cadmio	0.1	0.2	0.1	0.2
Cianuros	1	2	1	2
Cobre	4	6	4	6
Cromo	0.5	1	0.5	1
Mercurio	0.005	0.001	0.005	0.01
Níquel	2	4	2	4
Plomo	0.2	0.4	0.2	0.4
Zinc	10	20	10	20
Huevos de helminto (Huevos/L)	**1**			
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	1,000-2,000			

MATRIZ DE EVALUACIÓN DE SITIOS

Criterio	SITIOS EVALUADOS															
	Municipio Valle de Bravo															
	Desembocadura		**1**		**2**		**3**		**4**		**5**		**6**	
Ambiental	Ejemplares árboreos escasos	V A R	Ejemplares árboreos escasos	V A R	Ejemplares árboreos escasos	V A R	Ejemplares árboreos escasos	V A R	Ejemplares árboreos escasos	V A R	Vegetación densa, árboles de más de 10 m	V A R	Sin acceso	V A R
Urbano-Social		V A R	Existe una construcción dentro del área al polígono	V A R		V A R		V A R	Sin acceso	V A R		V A R	No hay acceso	V A R
Jurídico	Se encuentra dentro de la UGA estatal Fo-5-306 y Fo-5-310, de conservación y la UGA Ag 2 52 municipal de aprovechamiento. Zona Federal	V A R	Dentro de UGA estatal Fo-5-298, de conservación y la UGA municipal Ag 2 52 de aprovechamiento. Núcleo agrario	V A R	Dentro de UGA estatal Fo-5-298, de conservación y la UGA municipal Ag 2 52 de aprovechamiento. Propiedad privada	V A R	Dentro de UGA estatal Fo-5-298, de conservación y la UGA municipal Ag 2 52 de aprovechamiento. Propiedad privada	V A R	Dentro de estatal UGA Fo-5-298, de conservación y la UGA municipal Ag 2 52 de aprovechamiento. Propiedad privada	V A R	Dentro de UGA Fo-5-298, de conservación y la UGA municipal Ag 2 52 de aprovechamiento. Propiedad privada	V A R	Propiedad privada	V A R
Geomorfología	Roca ígnea fracturada	V A R	Limos arenosos	V A R	Limos arenosos	V A R	Limos arenosos	V A R	Limos arenosos	V A R	Limos arenosos	V A R	Sin acceso	V A R
Topografía	Pendiente suave 2%	V A R	Pendiente suave 2%. El sitio cruza el río por lo que se requeriría bombeo, se reduce la eficiencia del SHA	V A R	Pendiente suave 2%	V A R	Pendiente suave 2%	V A R	Pendiente suave 2%	V A R	Pendiente suave 2%	V A R	Sin acceso	V A R

CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

GAIA®
Estudios Ambientales - UNAM
Grupo Académico Interdisciplinario Ambiental

MATRIZ DE EVALUACIÓN DE SITIOS

Criterio	SITIOS EVALUADOS													
	Municipio Valle de Bravo													
	7		8		9		9'		10		10'		11	
Ambiental	Sin acceso	V	Sin acceso	V	Vegetación silvestre	V		V		V		V		V
		A		A		A		A		A		A		A
		R		R		R		R		R		R		R
Urbano-Social	No hay acceso	V	No hay acceso	V	Uso de suelo agrícola	V	Uso de suelo agrícola, cercano a la carretera.	V	Uso de suelo agrícola, requiere acceso	V	Uso de suelo agrícola	V	Uso de suelo agrícola	V
		A		A		A		A		A		A		A
		R		R		R		R		R		R		R
Jurídico	Propiedad privada	V	Propiedad privada	V	Dentro de UGA estatal Fo-5-298, de conservación y la UGA municipal Fo 3 29 aprovechamiento. Propiedad comunal	V	Dentro de UGA estatal Fo-5-298, de conservación y la UGA municipal Fo 3 29 aprovechamiento. Propiedad comunal	V	Dentro de UGA estatal Fo-5-298, de conservación y la UGA municipal Fo 3 29 aprovechamiento. Propiedad comunal	V	Dentro de UGA estatal Fo-5-298, de conservación y la UGA municipal Fo 3 29 aprovechamiento. Propiedad comunal	V	Dentro de UGA estatal Fo-5-298, de conservación y la UGA municipal Fo 3 29 aprovechamiento. Propiedad comunal	V
		A		A		A		A		A		A		A
		R		R		R		R		R		R		R
Geomorfología	Sin acceso	V	Sin acceso	V	Limos arenosos, limos	V	Limos arenosos, limos	V	Limos arenosos, limos	V	Limos arenosos, limos	V	Limos arenosos, limos	V
		A		A		A		A		A		A		A
		R		R		R		R		R		R		R
Topografía	Sin acceso	V	Sin acceso	V	Pendiente suave 2%. Nivel del río queda por debajo de los sitios	V	Pendiente suave 2%. Nivel por debajo de los sitios, se puede tratar un aporte al río	V	Pendiente moderada 5%	V	Pendiente moderada 5%	V	Pendiente moderada 5%	V
		A		A		A		A		A		A		A
		R		R		R		R		R		R		R

CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

GAIA®
Estudios Ambientales - UNAM
Grupo Académico Interdisciplinario Ambiental

MATRIZ DE EVALUACIÓN DE SITIOS

Criterio	SITIOS EVALUADOS																	
	Municipio Valle de Bravo																	
	12		13		14		15		16		17		18					
Ambiental	Ejemplares árboreos de buena calidad	V A R	Ejemplares árboreos de buena calidad	V A R	Ejemplares árboreos escasos	V A R	Ejemplares árboreos escasos	V A R	Ejemplares árboreos escasos	V A R	Ejemplares árboreos escasos	V A R	Ejemplares árboreos escasos	V A R				
Urbano-Social	Acceso es muy complicado	V A R	Uso de suelo agrícola	V A R	Uso de suelo agrícola	V A R	Uso de suelo agrícola	V A R	Uso de suelo agrícola	V A R	Uso de suelo agrícola	V A R	Uso de suelo agrícola	V A R				
Jurídico	Dentro de UGA estatal Fo-5-298, de conservación y la UGA municipal Fo 3 29 aprovechamiento. Propiedad comunal	V A R	Dentro de UGA estatal Fo-5-298, de conservación y la UGA municipal Fo 3 29 aprovechamiento. Propiedad comunal	V A R	Dentro de UGA estatal Fo-5-229, de conservación y la UGA municipal Fo 3 29 aprovechamiento. Propiedad comunal	V A R	Dentro de UGA estatal Fo-5-229, de conservación y la UGA municipal Fo 3 29 aprovechamiento. Propiedad comunal	V A R	Dentro de UGA estatal Fo-5-229, de conservación y la UGA municipal Fo 3 29 aprovechamiento. Propiedad comunal	V A R	Dentro de UGA estatal Fo-5-229, de conservación y la UGA municipal Fo 3 29 aprovechamiento. Propiedad comunal	V A R	Dentro de UGA estatal Fo-5-229, de conservación y la UGA municipal Fo 3 29 aprovechamiento. Propiedad comunal	V A R				
Geomorfología	Limos arenosos, limos	V A R	Limos arenosos, limos	V A R	Limos arenosos, limos	V A R	Limos arenosos, limos	V A R	Limos arenosos, limos	V A R	Limos arenosos, limos	V A R	Limos arenosos, limos	V A R				
Topografía	Pendiente fuerte mayor al 7%	V A R	Pendiente fuerte mayor al 7%	V A R	Pendiente suave 2%	V A R	Pendiente suave 2%	V A R	Pendiente suave 2%	V A R	Pendiente suave 2%	V A R	Pendiente suave 2%	V A R				

CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

GAIA®
Estudios Ambientales - UNAM
Grupo Académico Interdisciplinario Ambiental

MATRIZ DE EVALUACIÓN DE SITIOS

Criterio	SITIOS EVALUADOS									
	Municipio Amanalco									
	19		20		21		22		23	
Ambiental		V		V		V		V		V
		A		A		A		A		A
		R		R		R		R		R
Urbano-Social	Uso de suelo agrícola	V	Uso de suelo agrícola	V	Uso de suelo agrícola	V	Uso de suelo agrícola	V	Infraestructura instalada, disposiciónd e los propietarios. Uso no compatible	V
		A		A		A		A		A
		R		R		R		R		R
Jurídico	Dentro de UGA estatal Fo-5-229, de conservación y la UGA municipal Ag 2-21 aprovechamiento. Propiedad comunal	V	Dentro de UGA estatal Fo-5-229, de conservación y la UGA municipal Ag 2-21 aprovechamiento. Propiedad comunal	V	Dentro de UGA estatal Fo-1-290, de conservación y la UGA municipal Ag 2-46 aprovechamiento. Propiedad comunal	V	Dentro de UGA estatal Fo-1-290, de conservación y la UGA municipal Ag 2-46 aprovechamiento. Propiedad comunal	V	Dentro de UGA estatal Ag-4-256, de conservación y la UGA municipal Fo 3-48 conservación. Propiedad privada	V
		A		A		A		A		A
		R		R		R		R		R
Geomorfología	Roca ígnea fracturada, limos arenosos	V	Roca ígnea fracturada, limos arenosos	V	Arcillas, limos , roca ígnea	V	Arcillas, limos , roca ígnea	V	Roca ígnea	V
		A		A		A		A		A
		R		R		R		R		R
Topografía	Pendiente fuerte mayor al 7%. Nivel por debajo del sitio	V	Pendiente fuerte mayor al 7%. Nivel por debajo del sitio	V	Pendiente suave 2%. Zona inundable	V	Pendiente suave 2%. Zona inundable	V	Pendiente suave 2%	V
		A		A		A		A		A
		R		R		R		R		R

CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

GAIA®
Estudios Ambientales - UNAM
Grupo Académico Interdisciplinario Ambiental

AGRUPACIÓN DE SITIOS

- SITIO 2
- SITIO 3
  - EL ARCO

- SITIO 9’
- SITIO 10’
  - SAN FRANCISCO

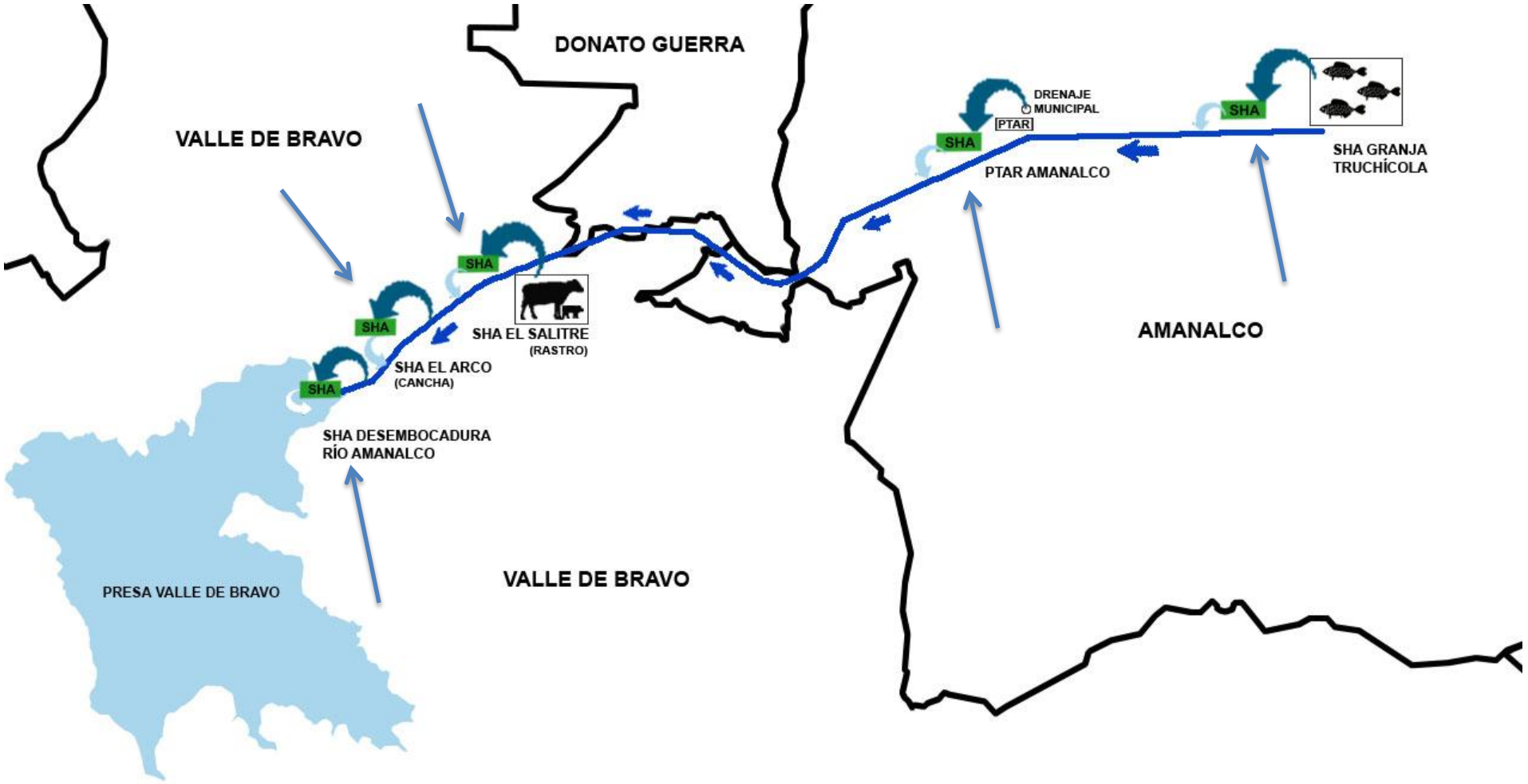
- SITIO 11
  - EL SALITRE

- SITIO 14
- SITIO 15
- SITIO 16
- SITIO 17
- SITIO 18
  - STA. MARÍA PIPIOLTEPEC

- SITIO 21
- SITIO 22
  - PTAR AMANALCO

- SITIO 23
  - GRANJA TRUCHÍCOLA

Ubicación de los SHA propuestos



CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

GAIA Estudios Ambientales - UNAM
Grupo Académico Interdisciplinario Ambiental

MATRIZ DE ANÁLISIS CONSTRUCTIVO

Criterios	Sitios						
	Desembocadura	El Arco	San Francisco	El Salitre	Sta. María Pipioltepec	PTAR Amanalco	Granja truchícola
Desmonte y despalme	Despalme	Desmonte y despalme de vegetación arbustiva y herbácea	Despalme/ Agrícola	Despalme/ Agrícola	Desmonte y despalme de árboles	Despalme	No
Movimiento de tierras	Relleno	Nivelación y conformación básica	Nivelación y conformación básica	Nivelación y conformación básica	Nivelación y conformación básica	Conformación	No
Terraplenes	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí	No
Terrazas	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	No
Bombeo	Durante la construcción	No	Sí	Sí	Sí	Sí	No
Demolición	No	Sí	Sí	No	No	No	No
Impermeabilización	Arcillas comprimidas	Geomembrana	Geomembrana	Arcillas comprimidas	Geomembrana	Geomembrana	No
Sistemas adicionales	Obra de toma robusta, obra de demasías, construcción de vertedores y bordos de protección	Modificación y adaptación de obra de toma	Dique	Sistemas hidráulicos de apoyo	Sistemas hidráulicos de apoyo	Sedimentador robusto, bordos y canales	No
Caminos y Acceso	Sí	No aplica	No aplica	Sí	No aplica	Sí	No

CONCEPTUALIZACIÓN DE LA PROPUESTA

De acuerdo con la evaluación realizada, y en conjunto con el personal de CONAGUA, se presentan las 11 propuestas de ingeniería conceptual de los 5 sistemas de humedales artificiales (SHA):

- SHA Desembocadura del Río Amanalco: 3 alternativas conceptuales
- SHA El Arco (Cancha): 2 alternativas conceptuales
- SHA El Salitre (Rastro): 1 alternativa conceptual
- SHA PTAR Amanalco: 4 alternativas conceptuales
- SHA Granja Truchícola: 1 alternativa conceptual

FILOSOFÍA Y LINEAMIENTOS DE LA PROPUESTA

Se instalarán, según el caso, humedales artificiales de flujo subsuperficial **(HAFSS)** y flujo superficial **(HAFS).**

HAFSS: (Desembocadura, El Arco, El Salitre, PTAR Amanalco)

- Operará en modo de flujo horizontal inundado.
- Hidrófitas enraizadas emergentes adaptadas al tipo de sustrato y condiciones de cada módulo.
- Medio de soporte, de diferentes materiales, tamaño de partícula y disposiciones, donde se formará la biopelícula.

FILOSOFÍA Y LINEAMIENTOS DE LA PROPUESTA

HAFSS

- Arreglo con base en módulos independientes, distribuidos en forma rectangular.
- Los módulos se alojarán en un área activa total de tratamiento, acoplados en serie, o en paralelo.
- Biopelícula capaz de eliminar principalmente:
  - Materia orgánica
  - Sólidos suspendidos totales (SST)
  - Sólidos disueltos totales
  - Nitrógeno amoniacal ($N\text{-}NH_4$) en nitratos ($N\text{-}NO_3^-$); desnitrificación
  - Ortofosfatos
- El agua se colecta en un sólo punto y se reincorporarán al Río Amanalco, o se le puede dar un uso de riego agrícola.
- Las especies de macrófitas, el material y el arreglo del medio de soporte y sus características (composición y tamaño) se definirán en las ingenierías básica y de detalle de cada sistema.

FILOSOFÍA Y LINEAMIENTOS DE LA PROPUESTA

HAFS

- Propuesta para la Granja Truchícola

- Zona inundada con espejo de agua perenne de al menos 0.50 m de tirante de agua en época de estiaje

- Captará el agua proveniente de los estanques de la granja truchícola.

- Alojará vegetación acuática (hidrófitas), las cuales por una parte realizarán una función depuradora de pulimento en el agua y contribuirán al desarrollo de un nicho ecológico para el establecimiento de organismos dentro del sistema.

TABLA RESUMEN

CONAGUA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA	ESTUDIO TÉCNICO MULTIDISCIPLINARIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE HUMEDALES ARTIFICIALES PARA EL SANEAMIENTO DEL APORTE DEL RÍO AMANALCO A LA PRESA VALLE DE BRAVO	Convenio: CONAGUA-CGPEAS-UNAM-02/2015 Proyecto: FQ-10-086

Sitio	Sistema conceptual	Área total (m^2)	Área útil (m^2)	Agua a tratar	Capacidad de tratamiento (m^3/día)*	Costo aproximado del SHA ± 35 % (SMXP)	Descripción	Características	Observaciones
Desembocadura		11,677	10,910	Río Amanalco	546	99,341,621	Humedal de flujo subsuperficial. El influente proviene del Río Amanalco, el efluente se descarga a la Presa. Se instalará en la desembocadura del río a la Presa. Son dos áreas independientes, con protección y contención con bordos, cada una está subdividida en módulos, en los cuales el agua se trasvasa por efecto de gravedad; posiblemente se requerirá bombeo.	1) Se dispone del terreno (área federal). 2) Hay suficiente área. 3) No se requiere bombeo ya que se conducirá el influente por gravedad. 4) Cada bloque de SHA podrá trabajar independientemente. 5) Remoción de C, N y P (prevención de la eutroficación) 6) Fuerte presencia de organizaciones sociales de carácter ambiental a nivel municipal.	1) Se deberán levantar bordos del orden de los 5 metros en el perímetro del humedal para protegerlo cuando la presa este en su máximo nivel, lo que implica un incremento en costo. 2) Se requiere bombeo para subir el agua. 3) Se reduce la superficie para SHA. 4) Falta precisar el área federal real disponible
		22,508	19,655	Río Amanalco	983	159,637,394	Humedal de flujo subsuperficial El influente proviene del Río Amanalco, el efluente se descarga a la Presa. Compuesto por dos áreas independientes, cada una subdividida en módulos, en los cuales el agua se trasvasa por efecto de gravedad; las áreas están elevadas con terracerías.	1) Se dispone del terreno (área federal) 2) Hay suficiente área. 3) No se requiere bombeo ya que se conducirá el influente por gravedad. 4) Remoción de C, N y P (prevención de la eutroficación) 5) Fuerte presencia de organizaciones sociales de carácter ambiental a nivel municipal.	1) Se deberá elevar el nivel de todo el predio del orden de los 5 metros para proteger el humedal cuando la presa esté en su máximo nivel, lo que implica un incremento en costo. 2) Se requiere bombeo para subir el agua. 3) Falta precisar el área federal real disponible
		23,505	23,500	Río Amanalco	1,175	196,073,835	Humedal de flujo subsuperficial. El influente proviene del Río Amanalco, el efluente se descarga a la Presa. El área está dividida en módulos de tratamiento, colocados en terrazas, por lo que el trasvase de agua entre ellos es por efecto de la gravedad. Para conducir el influente posiblemente se requerirá bombeo.	1) Se dispone del terreno (área federal) 2) Hay suficiente área. 3) No se requiere bombeo ya que se conducirá el influente por gravedad. 4) Remoción de C, N y P (prevención de la eutroficación) 5) Fuerte presencia de organizaciones sociales de carácter ambiental a nivel municipal.	1) Se deberá hacer una rectificación del cauce del Río Amanalco para disponer de mayor área para el humedal, además de que se deberá levantar el nivel de todo el terreno, lo que implica un costo alto. 2) Falta precisar el área federal real disponible
El Arco		12,051	9,666	Río Amanalco	483	38,181,934	Humedal de flujo subsuperficial. El influente proviene del Río Amanalco. El influente proviene del Río Amanalco, el efluente se descarga al río. El área esta dividida en módulos irregulares, los cuales abarcan casi la totalidad del área disponible en el polígono, están colocados en terrazas, por lo que el trasvase de agua entre ellos es por efecto de la gravedad.	1) Se considera con área potencial 2) El terreno es sensiblemente inclinado, lo cual ayuda a tener un buen flujo de agua. 3) Esta contiguo al río. 4) Por la disposición de los módulos, se está utilizando el predio al máximo. 5) No requiere grandes movimientos de tierras. 6) Remoción de C, N y P (prevención de la eutroficación) 7) Fuerte presencia de organizaciones sociales de carácter ambiental a nivel municipal.	1) Es posible que sea necesario bombeo (dependiendo de la topografía). 2) Falta definir el carácter legal del terreno.
		12,051	4,374	Río Amanalco	219	29,718,549	Humedal de flujo subsuperficial. El influente proviene del Río Amanalco, el efluente se descarga al río. El área se divide en módulos regulares del mismo tamaño, están colocados en terrazas, por lo que el trasvase de agua entre ellos es por efecto de la gravedad.	1) Se considera como área potencial. 2) El terreno en sensiblemente inclinado, lo cual ayuda a tener un buen flujo de agua. 3) Esta contiguo al río. 4) No requiere grandes movimientos de tierras. 5) Remoción de C, N y P (prevención de la eutroficación) 6) Fuerte presencia de organizaciones sociales de carácter ambiental a nivel municipal.	1) Es posible que sea necesario bombeo (dependiendo de la topografía). 2) Por la disposición de los módulos, no se está utilizando el área del predio al máximo. 3) Falta definir el carácter legal del terreno
El Salitre		7,777	4,374	Rastro	219	24,207,676	Humedal de flujo subsuperficial. El influente proviene de la salida del tratamiento del Rastro (digestor anaerobio). Los módulos están colocados en terrazas, por lo que el trasvase de agua entre ellos será por efecto de la gravedad. El efluente se puede utilizar para riego agrícola.	1) El influente que proviene del Rastro esta muy cerca del predio y se encuentra a un nivel superior a éste, por lo que se puede conducir el influente por gravedad. 2) La pendiente del predio es sensiblemente plana, por lo que la nivelación del terreno será mínima y la conducción del agua en los módulos será adecuada. 3) El efluente del SHA puede utilizarse para riego agrícola irrestricto 4) Fuerte presencia de organizaciones sociales de carácter ambiental a nivel municipal.	1) El predio se encuentra en la otra margen del Río, por lo que hay que pasar la tubería del influente por un "puente canal" (un estructura metálica). 2) Para el tratamiento del influente se requiere un sistema anaerobio previo a la entrada al humedal, y debe tener máximo 1000 mg/L de DQO antes de entrar al SHA; remoción de 60 % C, 40 % N y 30 % de P (dentro del SHA) 3) No se garantiza el cumplimiento de la NOM-001-SEMARNAT-1996, depende de la concentración de entrada (DQO) a todo el sistema de tratamiento 4) Definir competencia de manejo del agua residual y tratada 5) Presencia de organizaciones indígenas en lucha por el agua.
PTAR Amanalco		23,488	19,089	Agua residual municipal	954	109,404,842	Humedal de flujo subsuperficial. El influente es la descarga municipal. El efluente se descarga en el Río Amanalco. Entra a sedimentador externo y posteriormente al SHA.	1) Se considera como área potencial 2) Para la nivelación del predio el volumen de relleno es bajo. El terreno es sensiblemente inclinado, lo cual ayuda a tener un buen flujo de agua. 3) Está contiguo al río. 4) Se garantiza cumplimiento de la NOM-001-SEMARNAT-1996 5) Presencia de organizaciones sociales de carácter ambiental a nivel municipal. 6) Antecedente de relación con campesinos por actual PTAR.	1) Es posible que sea necesario bombeo (dependiendo de la topografía). 2) Requiere obra de canal de protección y muro gavión. 3) No se garantiza remoción eficiente de N y P (control de la eutrofización) 4) Definir competencia de manejo del agua residual y tratada 5) Presencia de organizaciones en defensa del agua y de la tierra a nivel municipal.
		23,488	19,089	Agua residual municipal	954	109,437,069	Humedal de flujo subsuperficial. El influente entra a la PTAR Amanalco, al sedimentador de ésta, al tanque de lodos activados, y antes de la cloración entra al SHA. El efluente se descarga en el Río Amanalco.	1) Se considera como área potencial. 2) Para la nivelación del predio el volumen de relleno es bajo. El terreno en sensiblemente inclinado, lo cual ayuda a tener un buen flujo de agua. 3) Está contiguo al río. 4) Reducir el costo de operación de la PTAR Amanalco 5) No se requiere cloración al final del tratamiento 6) Remoción de C, N y P (prevención de la eutroficación) 7) Se puede tratar toda el agua proveniente del drenaje municipal 7) Presencia de organizaciones sociales de carácter ambiental a nivel municipal. 8) Antecedente de relación con campesinos por actual PTAR.	1) Es posible que sea necesario bombeo (dependiendo de la topografía). 2) Requiere obra de canal de protección y muro gavión 4) Definir competencia de manejo del agua residual y tratada 5) Presencia de organizaciones en defensa del agua y de la tierra a nivel municipal.
Granja Truchícola		1,552	1,552	Agua residual de acuacultura	78	879,352	Humedal de flujo superficial (HAFS). Se instalará en el último estanque de la granja, con plantas acuáticas y sustrato para reducir concentración de los nutrientes posteriormente descargar el agua al Río Amanalco.	1) Existe la infraestructura. 2) El costo de la inversión es muy bajo 3) Remoción de C, N y P (prevención de la eutroficación) 4) El agua se puede recircular y reutilizarse dentro de la granja. 5) Se puede potenciar a todas las granjas acuícolas de la zona 6) Es propiedad privada por lo que la posibilidad de que surjan conflictos sociales es muy baja. 7) Presencia de organizaciones sociales de carácter ambiental a nivel municipal. 8) Antecedente de relación con campesinos por actual PTAR.	1) Propiedad privada 4) Definir competencia de manejo del agua residual y tratada

* Tomando como base un agua residual doméstica, a razón de 250 m^3/d por 0.5 ha.

CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

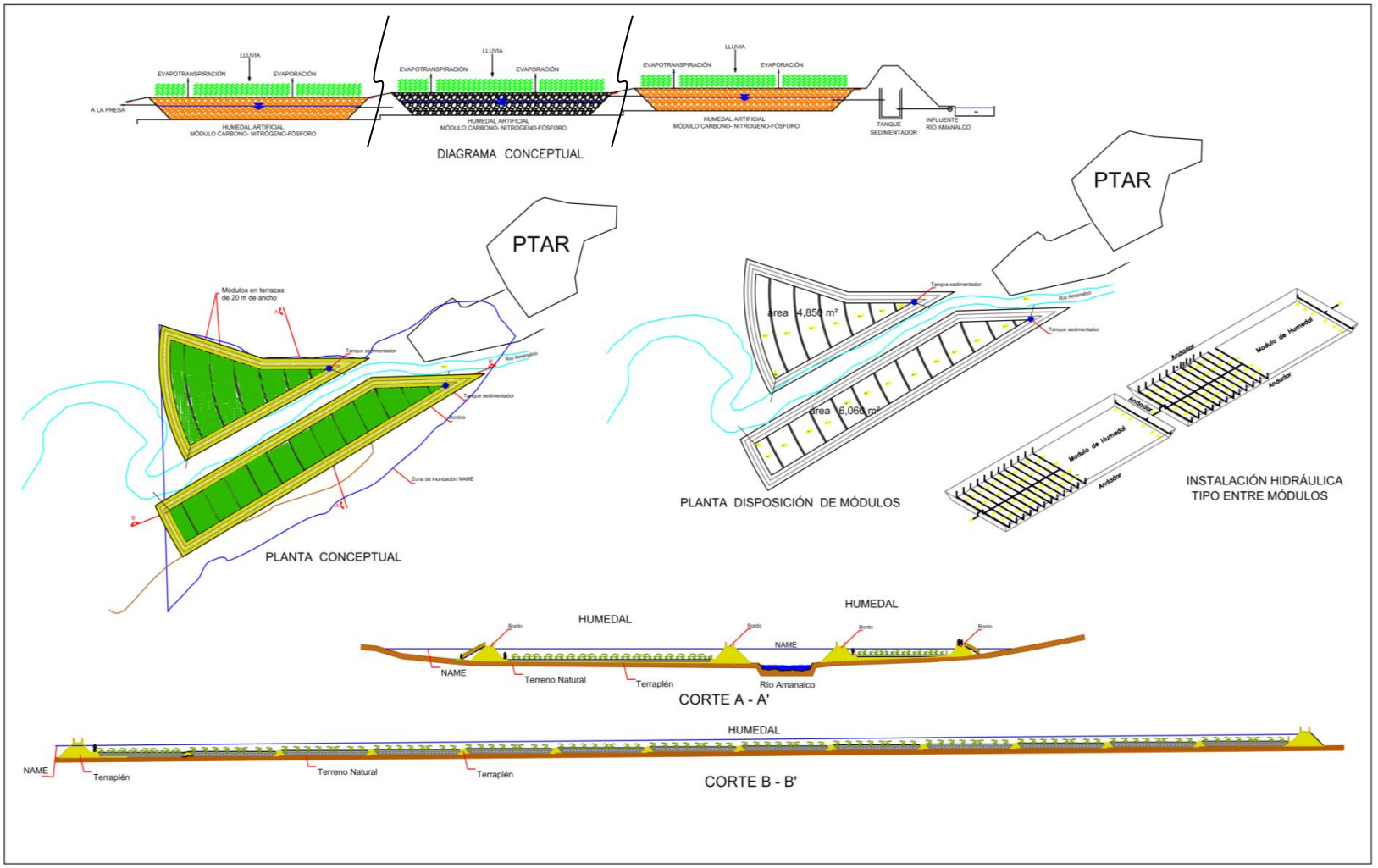
GAIA®
Estudios Ambientales - UNAM
Grupo Académico Interdisciplinario Ambiental

Propuesta conceptual de Sistema de Humedales Artificiales (SHA) Desembocadura del Río Amanalco

CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

GAIA
Estudios Ambientales - UNAM
Grupo Académico Interdisciplinario Ambiental

DIAGRAMA CONCEPTUAL DE LA PROPUESTA SHA DESEMBOCADURA DEL RÍO AMANALCO (C1)



HUMEDAL DESEMBOCADURA RÍO AMANALCO PROPUESTA CONCEPTUAL PROTECCIÓN Y CONTENCIÓN CON BORDOS PERIMETRALES INFLUENTE RÍO AMANALCO (C1)

CARTA DERIVADA A PARTIR DE LA CARTA E14-A46 1: 50,000

Módulos en terrazas de 20 m de ancho

Área total de módulos: 10,910 m²

Área con capacidad para tratar 545.5 m³/día a razón de 250 m³/día por 0.5 ha.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

ESTUDIO TÉCNICO MULTIDISCIPLINARIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE HUMEDALES ARTIFICIALES PARA EL SANEAMIENTO DEL APORTE DEL RÍO AMANALCO A LA PRESA VALLE DE BRAVO

CONVENIO No. CONAGUA-COPEAS-UNAM-02/2015
No. REG UNAM 40691-401-13-8-15
PROYECTO FQ-10-086

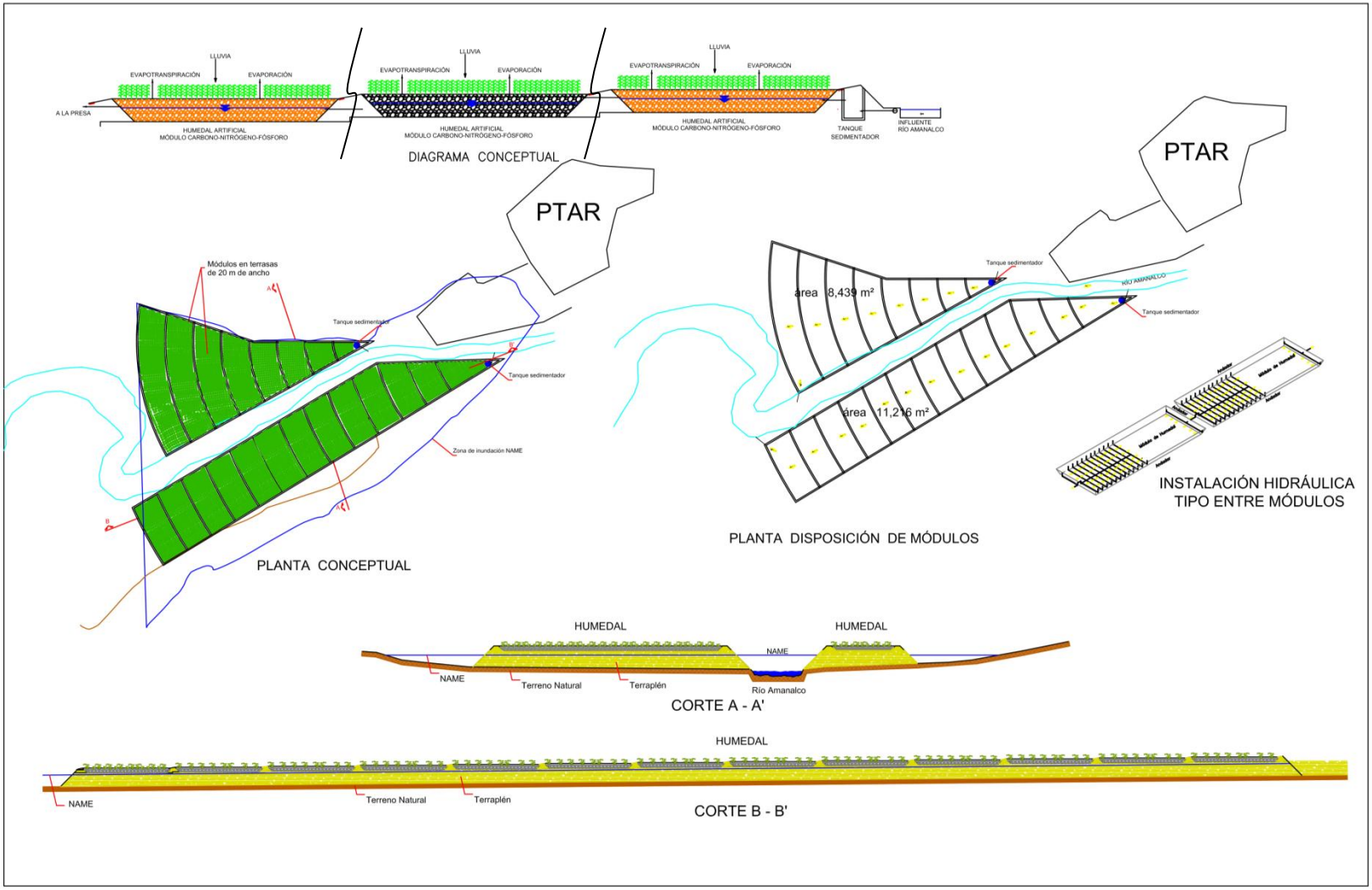
DESEMBOCADURA
PROPUESTA CONCEPTUAL
1

ESTADO DE MÉXICO

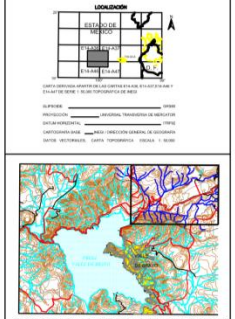
CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

GAIA®
Estudios Ambientales - UNAM
Grupo Académico Interdisciplinario Ambiental

DIAGRAMA CONCEPTUAL DE LA PROPUESTA SHA DESEMBOCADURA DEL RÍO AMANALCO (C2)



HUMEDAL DESEMBOCADURA RÍO AMANALCO PROPUESTA CONCEPTUAL ELEVACIÓN CON TERRACERÍAS INFLUENTE RÍO AMANALCO (C2)



CARTA DERIVADA A PARTIR DE LA CARTA E14-A46 1: 50,000

Módulos en terrazas de 20 m de ancho

Área total de módulos: 19,655 m²

Área con capacidad para tratar 982.75 m³/día a razón de 250 m³/día por 0.5 ha.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

ESTUDIO TÉCNICO MULTIDISCIPLINARIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE HUMEDALES ARTIFICIALES PARA EL SANEAMIENTO DEL APORTE DEL RÍO AMANALCO A LA PRESA VALLE DE BRAVO

CONVENIO No. CONAGUA-CGPEAS-UNAM-02/2015
No. REG UNAM 40691-401-13-II-15
PROYECTO: FO-10-086

DESEMBOCADURA
PROPUESTA CONCEPTUAL
2

ESTADO DE MÉXICO

CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

GAIA®
Estudios Ambientales - UNAM
Grupo Académico Interdisciplinario Ambiental

DIAGRAMA CONCEPTUAL DE LA PROPUESTA SHA DESEMBOCADURA DEL RÍO AMANALCO (C3)

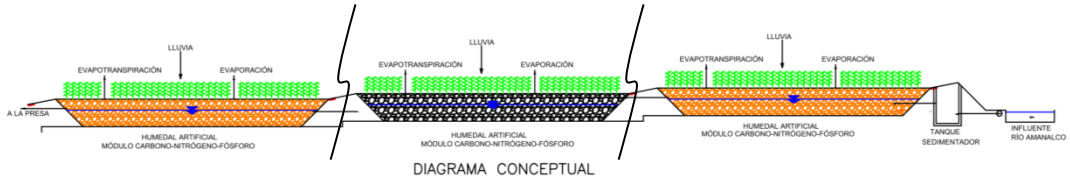
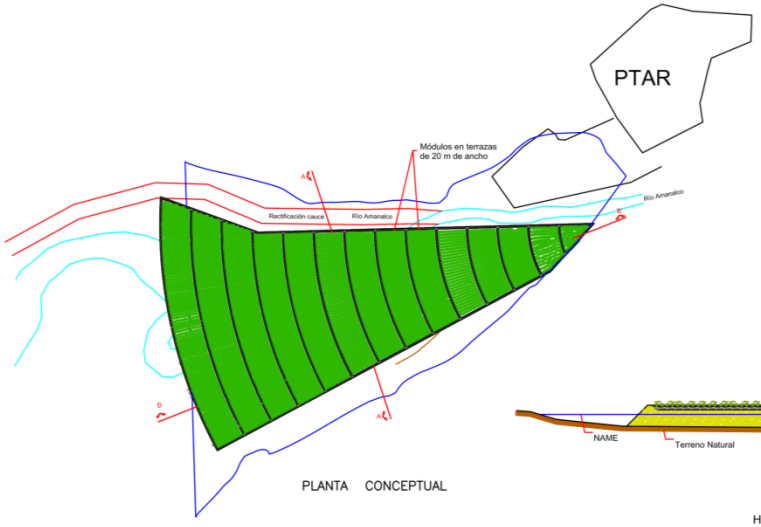
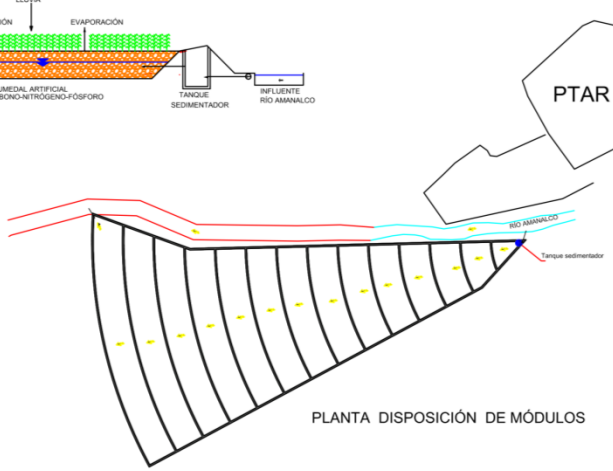


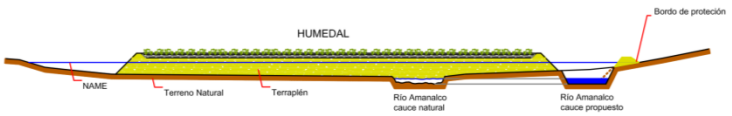
DIAGRAMA CONCEPTUAL



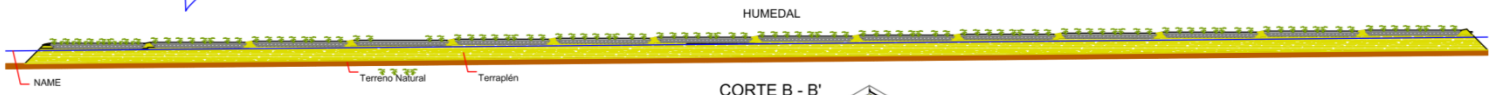
PLANTA CONCEPTUAL



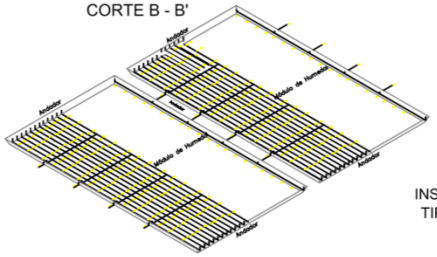
PLANTA DISPOSICIÓN DE MÓDULOS



CORTE A - A'

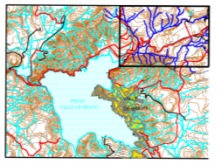


CORTE B - B'



INSTALACIÓN HIDRÁULICA TIPO ENTRE MÓDULOS

HUMEDAL DESEMBOCADURA RÍO AMANALCO PROPUESTA CONCEPTUAL INFLUENTE RÍO AMANALCO (C3)



CARTA DERIVADA A PARTIR DE LA CARTA E14-A46 1: 50,000

Módulos en terrazas de 20 m de ancho
Área total de módulos: 23,500 m²
Área con capacidad para tratar 1,175 m³/día a razón de 250 m³/día por 0.5 ha.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

ESTUDIO TÉCNICO MULTIDISCIPLINARIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE HUMEDALES ARTIFICIALES PARA EL SANEAMIENTO DEL APORTE DEL RÍO AMANALCO A LA PRESA VALLE DE BRAVO

CONVENIO No. CONAGUA-COPEAS-UNAM-022015
No. REG UNAM 49951-401-13-3-15
PROYECTO FQ-10-086

DESEMBOCADURA
PROPUESTA CONCEPTUAL
3

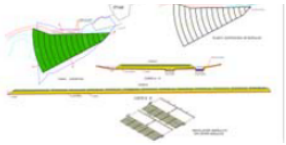
ESTADO DE MÉXICO

CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

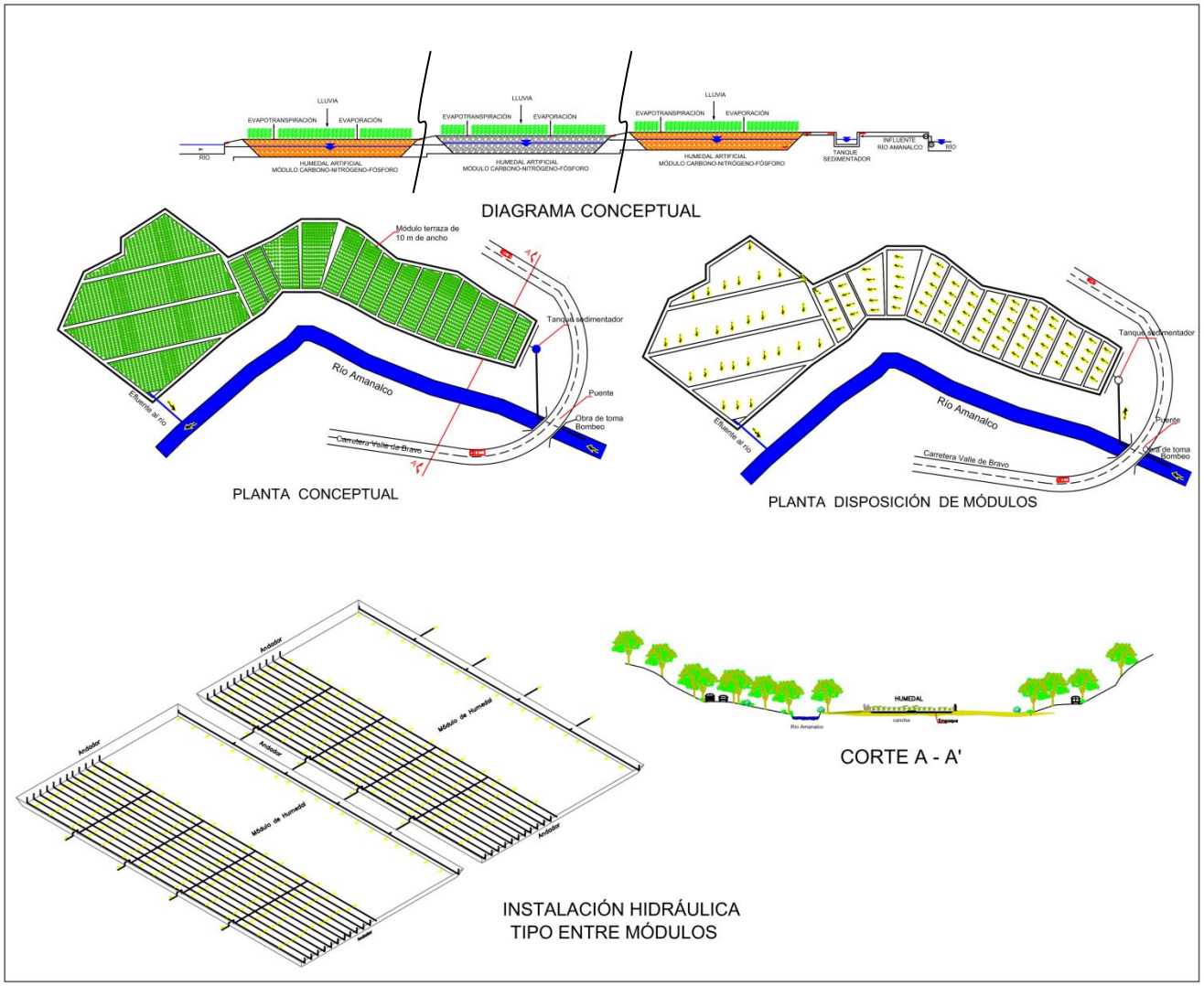
GAIA®
Estudios Ambientales - UNAM
Grupo Académico Interdisciplinario Ambiental

Sistema de Humedales Artificiales Desembocadura del Río Amanalco

Sistema conceptual	Área total (m^2)	Área útil (m^2)	Agua a tratar	Capacidad de tratamiento (m^3)	Costo aproximado del SHA ± 35 %	Observaciones
Descripción			**Características**			**Observaciones**
Humedal de flujo subsuperficial. El influente proviene del Río Amanalco, el efluente se descarga a la Presa. Se instalará en la desembocadura del río a la Presa. Son dos áreas independientes, con protección y contención con bordos, cada una está subdividida en módulos, en los cuales el agua se trasvasa por efecto de gravedad; posiblemente se requerirá bombeo.			1) Se dispone del terreno (área federal). 2) Hay suficiente área. 3) No se requiere bombeo ya que se conducirá el influente por gravedad. 4) Cada bloque de SHA podrá trabajar independientemente. 5) Remoción de C, N y P (prevención de la eutroficación) 6) Fuerte presencia de organizaciones sociales de carácter ambiental a nivel municipal.			1) Se deberán levantar bordos del orden de los 5 metros en el perímetro del humedal para protegerlo cuando la presa este en su máximo nivel, lo que implica un incremento en costo. 2) Se requiere bombeo para subir el agua. 3) Se reduce la superficie para SHA. 4) Falta precisar el área federal real disponible
Humedal de flujo subsuperficial El influente proviene del Río Amanalco, el efluente se descarga a la Presa. Compuesto por dos áreas independientes, cada una subdividida en módulos, en los cuales el agua se trasvasa por efecto de gravedad; las áreas están elevadas con terracerías.			1) Se dispone del terreno (área federal) 2) Hay suficiente área. 3) No se requiere bombeo ya que se conducirá el influente por gravedad. 4) Remoción de C, N y P (prevención de la eutroficación) 5) Fuerte presencia de organizaciones sociales de carácter ambiental a nivel municipal.			1) Se deberá elevar el nivel de todo el predio del orden de los 5 metros para proteger el humedal cuando la presa esté en su máximo nivel, lo que implica un incremento en costo. 2) Se requiere bombeo para subir el agua. 3) Falta precisar el área federal real disponible
Humedal de flujo subsuperficial. El influente proviene del Río Amanalco, el efluente se descarga a la Presa. El área está dividida en módulos de tratamiento, colocados en terrazas, por lo que el trasvase de agua entre ellos es por efecto de la gravedad. Para conducir el influente posiblemente se requerirá bombeo.			1) Se dispone del terreno (área federal) 2) Hay suficiente área. 3) No se requiere bombeo ya que se conducirá el influente por gravedad. 4) Remoción de C, N y P (prevención de la eutroficación) 5) Fuerte presencia de organizaciones sociales de carácter ambiental a nivel municipal.			1) Se deberá hacer una rectificación del cauce del Río Amanalco para disponer de mayor área para el humedal, además de que se deberá levantar el nivel de todo el terreno, lo que implica un costo alto. 2) Falta precisar el área federal real disponible
		23,505	23,500	Río Amanalco	1,175	196,073,835	

Propuesta conceptual de Sistema de Humedales Artificiales (SHA) El Arco (Cancha)

DIAGRAMA CONCEPTUAL DE LA PROPUESTA SHA EL ARCO (C1)



HUMEDAL EL ARCO (CANCHA)
PROPUESTA CONCEPTUAL
MÓDULOS CON MAYOR ÁREA
INFLUENTE RÍO AMANALCO (C1)

CARTA DERIVADA A PARTIR DE LA CARTA E14-A46 1: 50,000

Módulos en terrazas de 10 m de ancho

Área total de módulos: 9,666.30 m²

Área con capacidad para tratar 483 m³/día a razón de 250 m³/día por 0.5 ha.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

ESTUDIO TECNICO MULTIDISCIPLINARIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE HUMEDALES ARTIFICIALES PARA EL SANEAMIENTO DEL APORTE DEL RÍO AMANALCO A LA PRESA VALLE DE BRAVO

CONVENIO No. CONAGUA-CGPEAS-UNAM-02/2015
No. REG UNAM 4990-1-401-13-8-15
PROYECTO FQ-10-086

EL ARCO
PROPUESTA CONCEPTUAL
1

ESTADO DE MÉXICO

CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

GAIA®
Estudios Ambientales - UNAM
Grupo Académico Interdisciplinario Ambiental

DIAGRAMA CONCEPTUAL DE LA PROPUESTA SHA EL ARCO (C2)

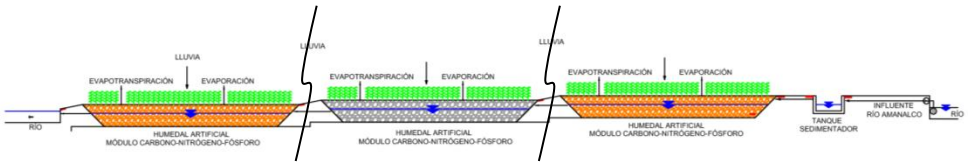
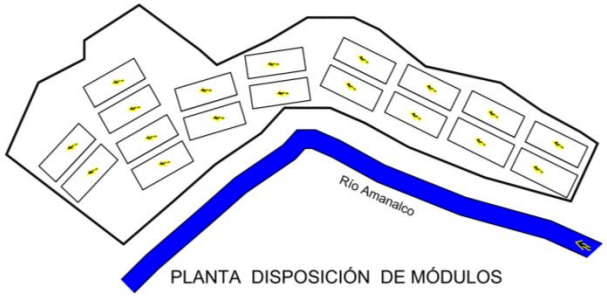
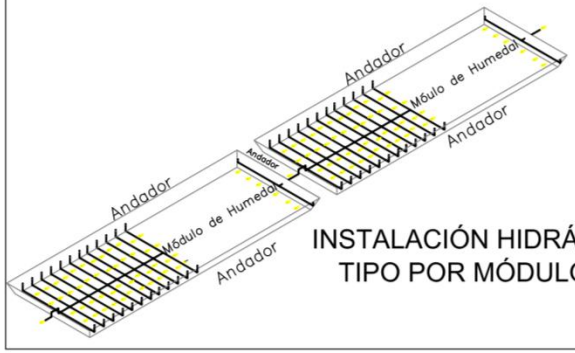


DIAGRAMA CONCEPTUAL

PLANTA CONCEPTUAL



PLANTA DISPOSICIÓN DE MÓDULOS



INSTALACIÓN HIDRÁULICA
TIPO POR MÓDULOS

CORTE A - A'

HUMEDAL EL ARCO (CANCHA)
PROPUESTA CONCEPTUAL
INFLUENTE RÍO AMANALCO (C2)

CARTA DERIVADA A PARTIR DE LA CARTA E14-A46 1: 50,000

Módulos: 18 de 27 x 9 m
Área por módulo 243 m²
Área total de módulos: 4,374 m²

Área con capacidad para tratar 219 m³/día a razón de 250 m³/día por 0.5 ha.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

ESTUDIO TÉCNICO MULTIDISCIPLINARIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE HUMEDALES ARTIFICIALES PARA EL SANEAMIENTO DEL APORTE DEL RÍO AMANALCO A LA PRESA VALLE DE BRAVO

CONVENIO No. CONAGUA-CGPEAS-UNAM-02/2015
No. REG UNAM 40801-401-13-8-15
PROYECTO FQ-10-086

EL ARCO
PROPUESTA CONCEPTUAL
2

ESTADO DE MÉXICO

CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

GAIA®
Estudios Ambientales - UNAM
Grupo Académico Interdisciplinario Ambiental

Sistema de Humedales Artificiales
El Arco (Cancha)

Sistema conceptual	Área total (m^2)	Área útil (m^2)	Agua a tratar	Capacidad de tratamiento (m^3/día)*	Costo aproximado del SHA ± 35 % ($MXP)
”	12,051	4,374	Río Amanalco	219	29,718,549

Descripción	Características	Observaciones
Humedal de flujo subsuperficial. El influente proviene del Río Amanalco. El influente proviene del Río Amanalco, el efluente se descarga al río. El área esta dividida en módulos irregulares, los cuales abarcan casi la totalidad del área disponible en el polígono, están colocados en terrazas, por lo que el trasvase de agua entre ellos es por efecto de la gravedad.	1) Se considera con área potencial 2) El terreno es sensiblemente inclinado, lo cual ayuda a tener un buen flujo de agua. 3) Esta contiguo al río. 4) Por la disposición de los módulos, se está utilizando el predio al máximo. 5) No requiere grandes movimientos de tierras. 6) Remoción de C, N y P (prevención de la eutroficación) 7) Fuerte presencia de organizaciones sociales de carácter ambiental a nivel municipal.	1) Es posible que sea necesario bombeo (dependiendo de la topografía). 2) Falta definir el carácter legal del terreno.
Humedal de flujo subsuperficial. El influente proviene del Río Amanalco, el efluente se descarga al río. El área se divide en módulos regulares del mismo tamaño, están colocados en terrazas, por lo que el trasvase de agua entre ellos es por efecto de la gravedad.	1) Se considera como área potencial. 2) El terreno en sensiblemente inclinado, lo cual ayuda a tener un buen flujo de agua. 3) Esta contiguo al río. 4) No requiere grandes movimientos de tierras. 5) Remoción de C, N y P (prevención de la eutroficación) 6) Fuerte presencia de organizaciones sociales de carácter ambiental a nivel municipal.	1) Es posible que sea necesario bombeo (dependiendo de la topografía). 2) Por la disposición de los módulos, no se está utilizando el área del predio al máximo. 3) Falta definir el carácter legal del terreno

CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

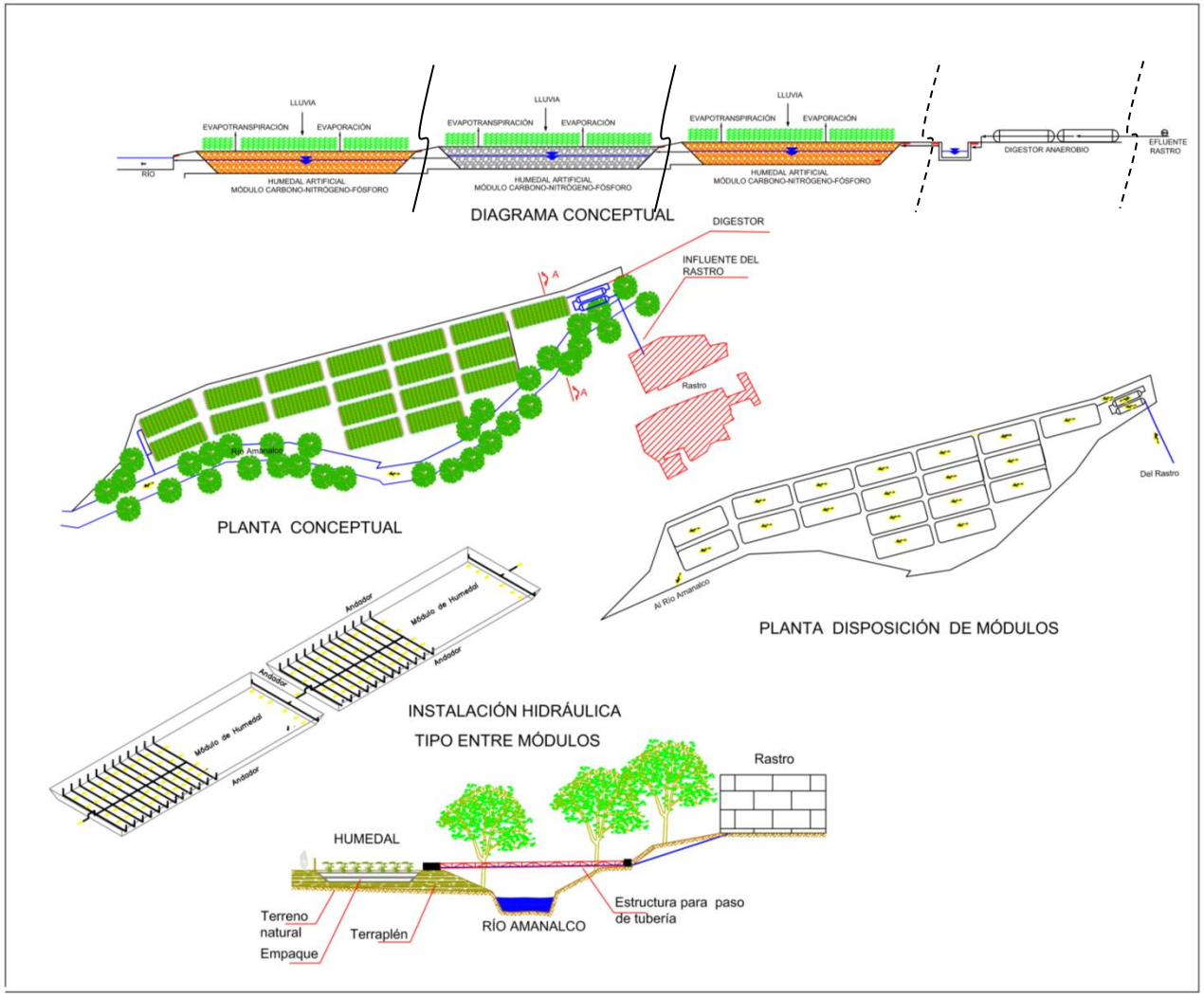
GAIA®
Estudios Ambientales - UNAM
Grupo Académico Interdisciplinario Ambiental

Propuesta conceptual de Sistema de Humedales Artificiales (SHA) El Salitre (Rastro)

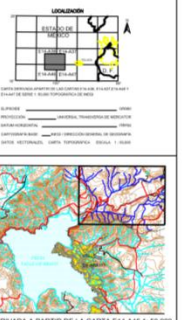
CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

Estudios Ambientales - UNAM
Grupo Académico Interdisciplinario Ambiental

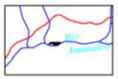
DIAGRAMA CONCEPTUAL DE LA PROPUESTA SHA EL SALITRE (C1)



HUMEDAL EL SALITRE (RASTRO)
PROPUESTA CONCEPTUAL
EFLUENTE RASTRO (C1)



CARTA DERIVADA A PARTIR DE LA CARTA E14-A46 1: 50,000



Módulos: 18 de 27 x 9 m
Área por módulo 243 m²
Área total de módulos: 4,374 m²
Área con capacidad para tratar 219 m³ a razón de 250 m³/día

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

ESTUDIO TÉCNICO MULTIDISCIPLINARIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE HUMEDALES ARTIFICIALES PARA EL SANEAMIENTO DEL APORTE DEL RÍO AMANALCO A LA PRESA VALLE DE BRAVO

CONVENIO No. CONAGUA-COPEAS-UNAM-022015
No. REQ UNAM 40601-401-13-8-15
PROYECTO FQ-15-086

SALITRE
PROPUESTA CONCEPTUAL
1

ESTADO DE MÉXICO

CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

GAIA®
Estudios Ambientales - UNAM
Grupo Académico Interdisciplinario Ambiental

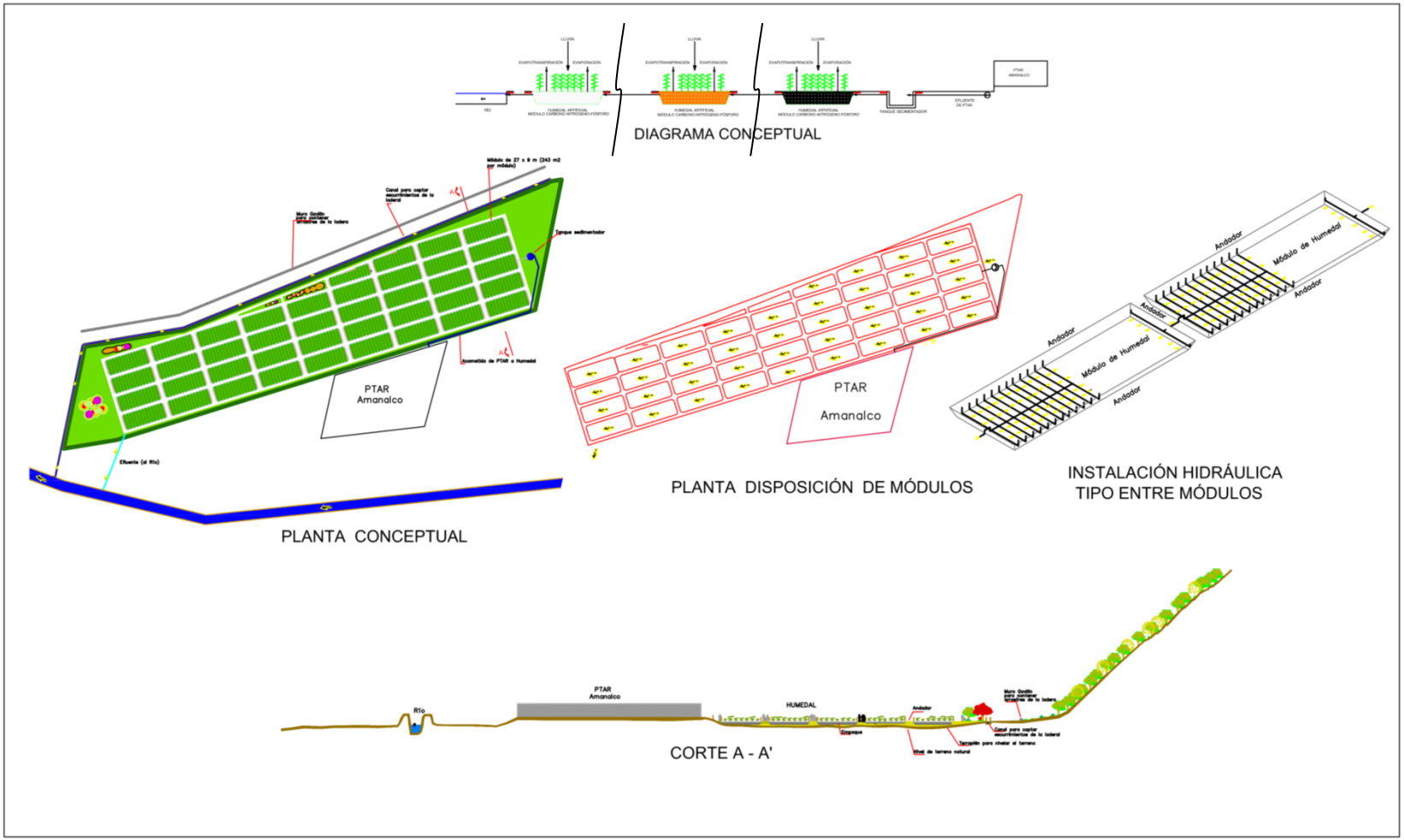
Sistema de Humedales Artificiales
El Salitre (Rastro)

Descripción	*Características*	*Observaciones*
Humedal de flujo subsuperficial. El influente proviene de la salida del tratamiento del Rastro (digestor anaerobio). Los módulos están colocados en terrazas, por lo que el trasvase de agua entre ellos será por efecto de la gravedad. El efluente se puede utilizar para riego agrícola.	1) El influente que proviene del Rastro esta muy cerca del predio y se encuentra a un nivel superior a éste, por lo que se puede conducir el influente por gravedad. 2) La pendiente del predio es sensiblemente plana, por lo que la nivelación del terreno será mínima y la conducción del agua en los módulos será adecuada. 3) El efluente del SHA puede utilizarse para riego agrícola irrestricto 4) Fuerte presencia de organizaciones sociales de carácter ambiental a nivel municipal.	1) El predio se encuentra en la otra margen del Río, por lo que hay que pasar la tubería del influente por un "puente canal" (un estructura metálica). 2) Para el tratamiento del influente se requiere un sistema anaerobio previo a la entrada al humedal, y debe tener máximo 1000 mg/L de DQO antes de entrar al SHA; remoción de 60 % C, 40 % N y 30 % de P (dentro del SHA) 3) No se garantiza el cumplimiento de la NOM-001-SEMARNAT-1996, depende de la concentración de entrada (DQO) a todo el sistema de tratamiento 4) Definir competencia de manejo del agua residual y tratada 5) Presencia de organizaciones indígenas en lucha por el agua.

Propuesta conceptual de Sistema de Humedales Artificiales (SHA) PTAR Amanalco:

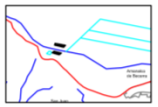
1. Con efluente de PTAR Amanalco (predio contiguo y predio sur)
2. Sin PTAR: influente directo del drenaje municipal (predio contiguo y predio sur)

DIAGRAMA CONCEPTUAL DE LA PROPUESTA SHA PTAR AMANALCO (C1)



HUMEDAL PTAR AMANALCO
PROPUESTA CONCEPTUAL
EFLUENTE PTAR AMANALCO
PREDIO LADO SUR
RÍO AMANALCO (C1)

CARTA DERIVADA A PARTIR DE LA CARTA E14-A46 1: 50,000



Módulos regulares: 38 de 27 x 9 m
Área por módulo rectangular **243 m²**
Área total de módulos regulares: 9,234 m²

Módulos irregulares 2
Área de módulos irregulres: 227.24 y **150.53 m²**
Área total de módulos irregulares: 377.77 m²

Área total de módulos: 9,611.77 m²

Área con capacidad para tratar 480.6 m³/día
a razón de 250 m³/día por 0.5 ha.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

ESTUDIO TÉCNICO MULTIDISCIPLINARIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE HUMEDALES ARTIFICIALES PARA EL SANEAMIENTO DEL APORTE DEL RÍO AMANALCO A LA PRESA VALLE DE BRAVO

CONVENIO No. CONAGUA-CGPEAS-UNAM-02/2015
No. REG UNAM 4083-401-13-II-15
PROYECTO FO-10-086

PTAR AMANALCO
PROPUESTA CONCEPTUAL
1

ESTADO DE MÉXICO

CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

GAIA®
Estudios Ambientales - UNAM
Grupo Académico Interdisciplinario Ambiental

DIAGRAMA CONCEPTUAL DE LA PROPUESTA SHA PTAR AMANALCO (C2)

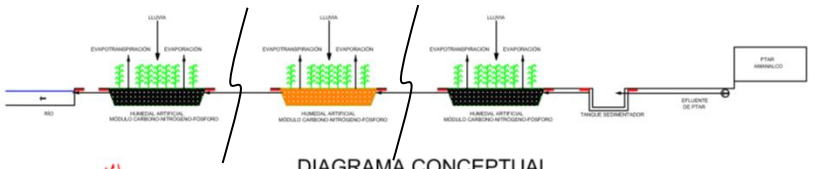
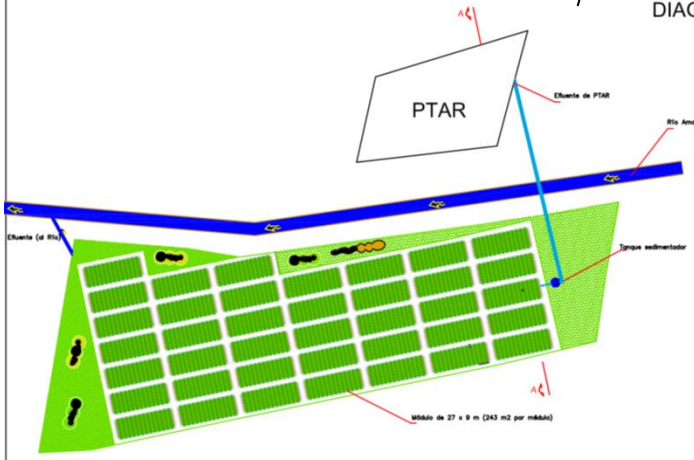
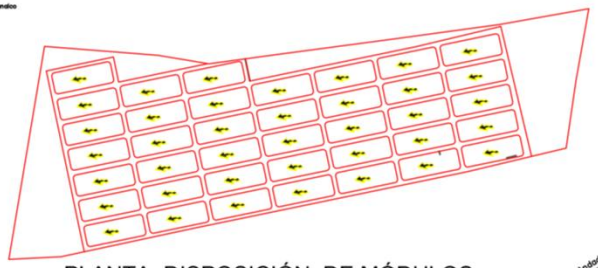


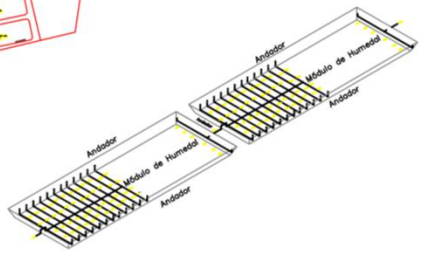
DIAGRAMA CONCEPTUAL



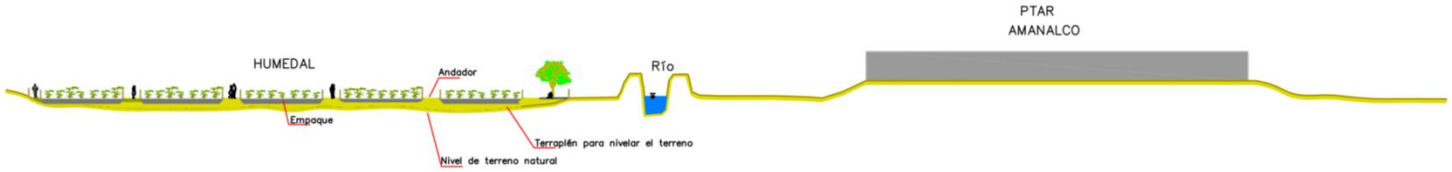
PLANTA CONCEPTUAL



PLANTA DISPOSICIÓN DE MÓDULOS



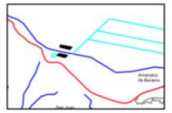
INSTALACIÓN HIDRÁULICA
TIPO ENTRE MÓDULOS



CORTE A - A'

HUMEDAL PTAR AMANALCO
PROPUESTA CONCEPTUAL
EFLUENTE PTAR AMANALCO
PREDIO CONTIGUO A LA PTAR (C2)

CARTA DERIVADA A PARTIR DE LA CARTA E14-A46 1: 50,000



Módulos regulares: 39 de 27 x 9 m
Área por módulo rectangular 243 m²
Área total de módulos regulares: 9,477 m²

Área con capacidad para tratar 474 m³/día
a razón de 250 m³/día por 0.5 ha.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

ESTUDIO TÉCNICO MULTIDISCIPLINARIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE HUMEDALES ARTIFICIALES PARA EL SANEAMIENTO DEL APORTE DEL RÍO AMANALCO A LA PRESA VALLE DE BRAVO

CONVENIO No. CONAGUA-COPEAS-UNAM-022015
No. REG UNAM 40681-401-13-0-15
PROYECTO: FQ-10-086

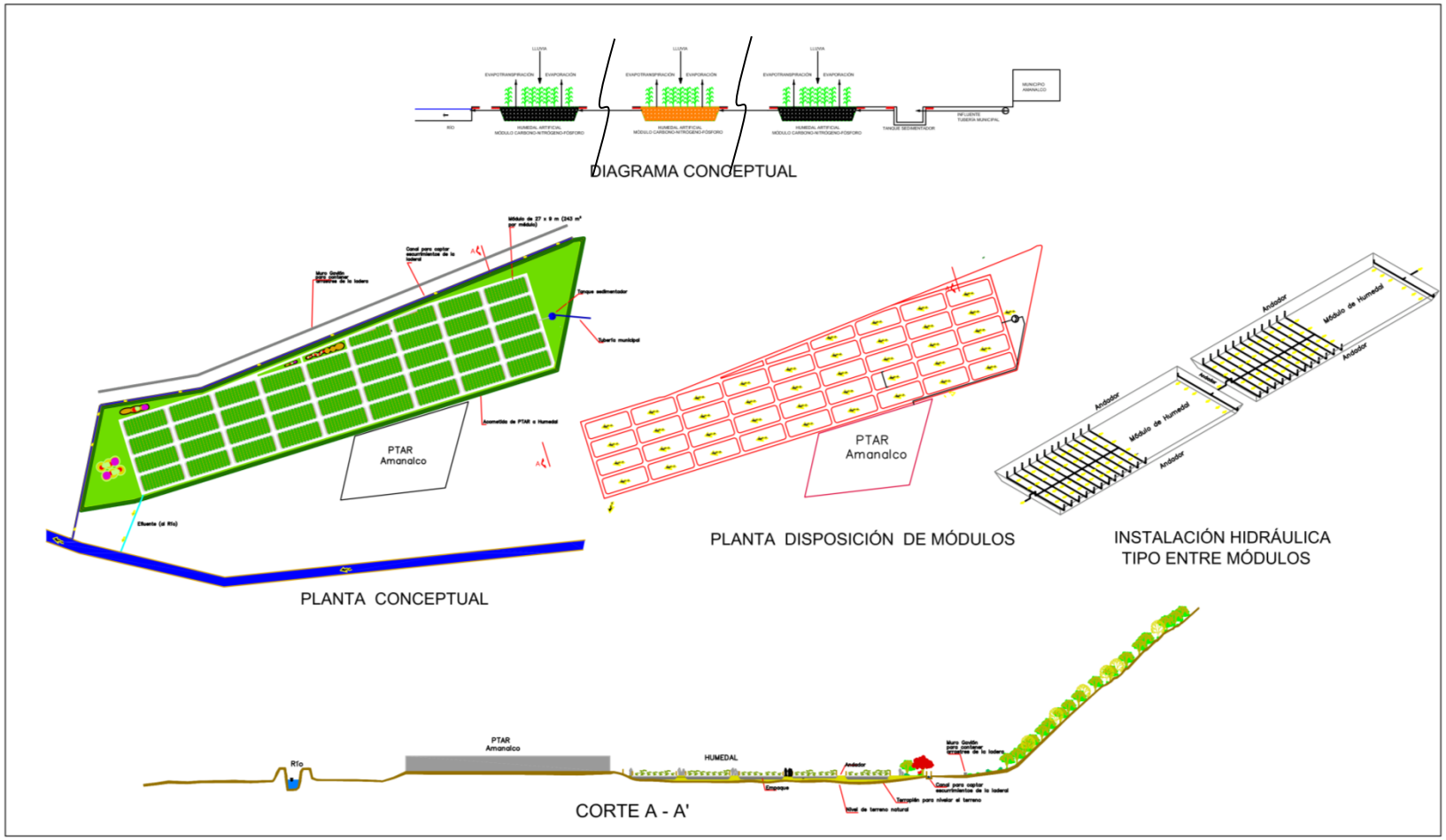
PTAR AMANALCO
PROPUESTA CONCEPTUAL
2

ESTADO DE MÉXICO

CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

GAIA®
Estudios Ambientales - UNAM
Grupo Académico Interdisciplinario Ambiental

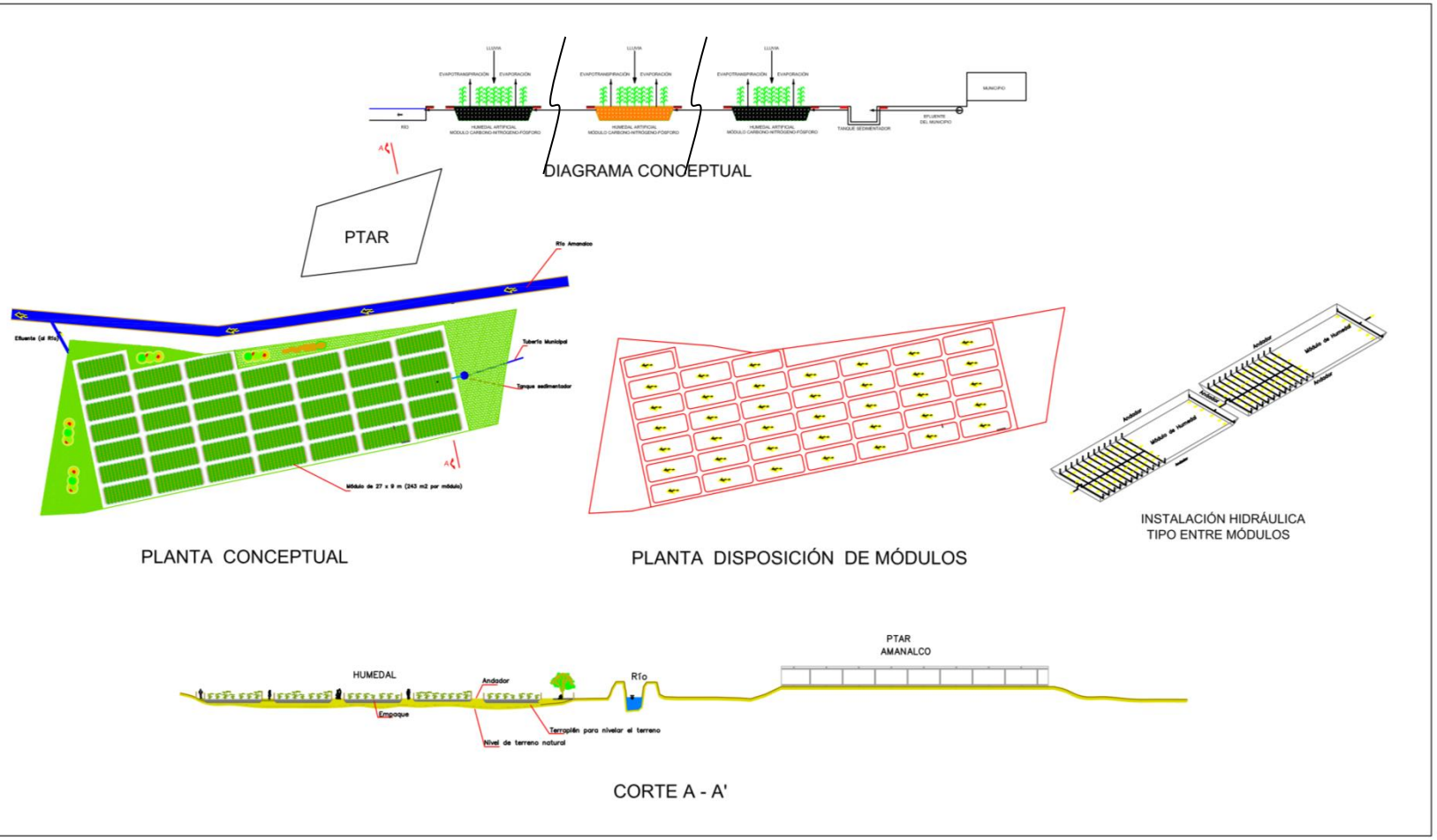
DIAGRAMA CONCEPTUAL DE LA PROPUESTA SHA PTAR AMANALCO (C3)



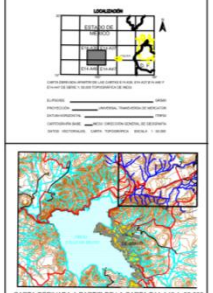
CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

GAIA®
Estudios Ambientales - UNAM
Grupo Académico Interdisciplinario Ambiental

DIAGRAMA CONCEPTUAL DE LA PROPUESTA SHA PTAR AMANALCO (C4)



HUMEDAL PTAR AMANALCO
PROPUESTA CONCEPTUAL
INFLUENTE TUBERÍA MUNICIPAL
PREDIO LADO SUR
RÍO AMANALCO (C4)



CARTA DERIVADA A PARTIR DE LA CARTA E14-A46 1: 50,000

Módulos regulares: 39 de 27 x 9 m
Área por módulo rectangular **243 m²**
Área total de módumos regulares: 9,477 m²

Área con capacidad para tratar 474 m³/día
a razón de 250 m³/día por 0.5 ha.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

ESTUDIO TÉCNICO MULTIDISCIPLINARIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE HUMEDALES ARTIFICIALES PARA EL SANEAMIENTO DEL APORTE DEL RÍO AMANALCO A LA PRESA VALLE DE BRAVO

CONVENIO No. CONAGUA-COPEAS-UNAM-022015
No. REG UNAM 40801-401-13A-5-15
PROYECTO FO-10-086

PTAR AMANALCO
PROPUESTA CONCEPTUAL
4

ESTADO DE MÉXICO

CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

GAIA®
Estudios Ambientales - UNAM
Grupo Académico Interdisciplinario Ambiental

Sistema de Humedales Artificiales
PTAR Amanalco

Área			Capacidad de	Costo aproximado

Descripción	*Características*	*Observaciones*
Humedal de flujo subsuperficial. El influente es la descarga municipal. El efluente se descarga en el Río Amanalco. Entra a sedimentador externo y posteriormente al SHA.	1) Se considera como área potencial 2) Para la nivelación del predio el volumen de relleno es bajo. El terreno es sensiblemente inclinado, lo cual ayuda a tener un buen flujo de agua. 3) Está contiguo al río. 4) Se garantiza cumplimiento de la NOM-001-SEMARNAT-1996 5) Presencia de organizaciones sociales de carácter ambiental a nivel municipal. 6) Antecedente de relación con campesinos por actual PTAR.	1) Es posible que sea necesario bombeo (dependiendo de la topografía). 2) Requiere obra de canal de protección y muro gavión. 3) No se garantiza remoción eficiente de N y P (control de la eutrofización) 4) Definir competencia de manejo del agua residual y tratada 5) Presencia de organizaciones en defensa del agua y de la tierra a nivel municipal.
Humedal de flujo subsuperficial. El influente entra a la PTAR Amanalco, al sedimentador de ésta, al tanque de lodos activados, y antes de la cloración entra al SHA. El efluente se descarga en el Río Amanalco.	1) Se considera como área potencial. 2) Para la nivelación del predio el volumen de relleno es bajo. El terreno en sensiblemente inclinado, lo cual ayuda a tener un buen flujo de agua. 3) Está contiguo al río. 4) Reducir el costo de operación de la PTAR Amanalco 5) No se requiere cloración al final del tratamiento 5) Remoción de C, N y P (prevención de la eutroficación) 6) Se puede tratar toda el agua proveniente del drenaje municipal 7) Presencia de organizaciones sociales de carácter ambiental a nivel municipal. 8) Antecedente de relación con campesinos por actual PTAR.	1) Es posible que sea necesario bombeo (dependiendo de la topografía). 2) Requiere obra de canal de protección y muro gavión 4) Definir competencia de manejo del agua residual y tratada 5) Presencia de organizaciones en defensa del agua y de la tierra a nivel municipal.

CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

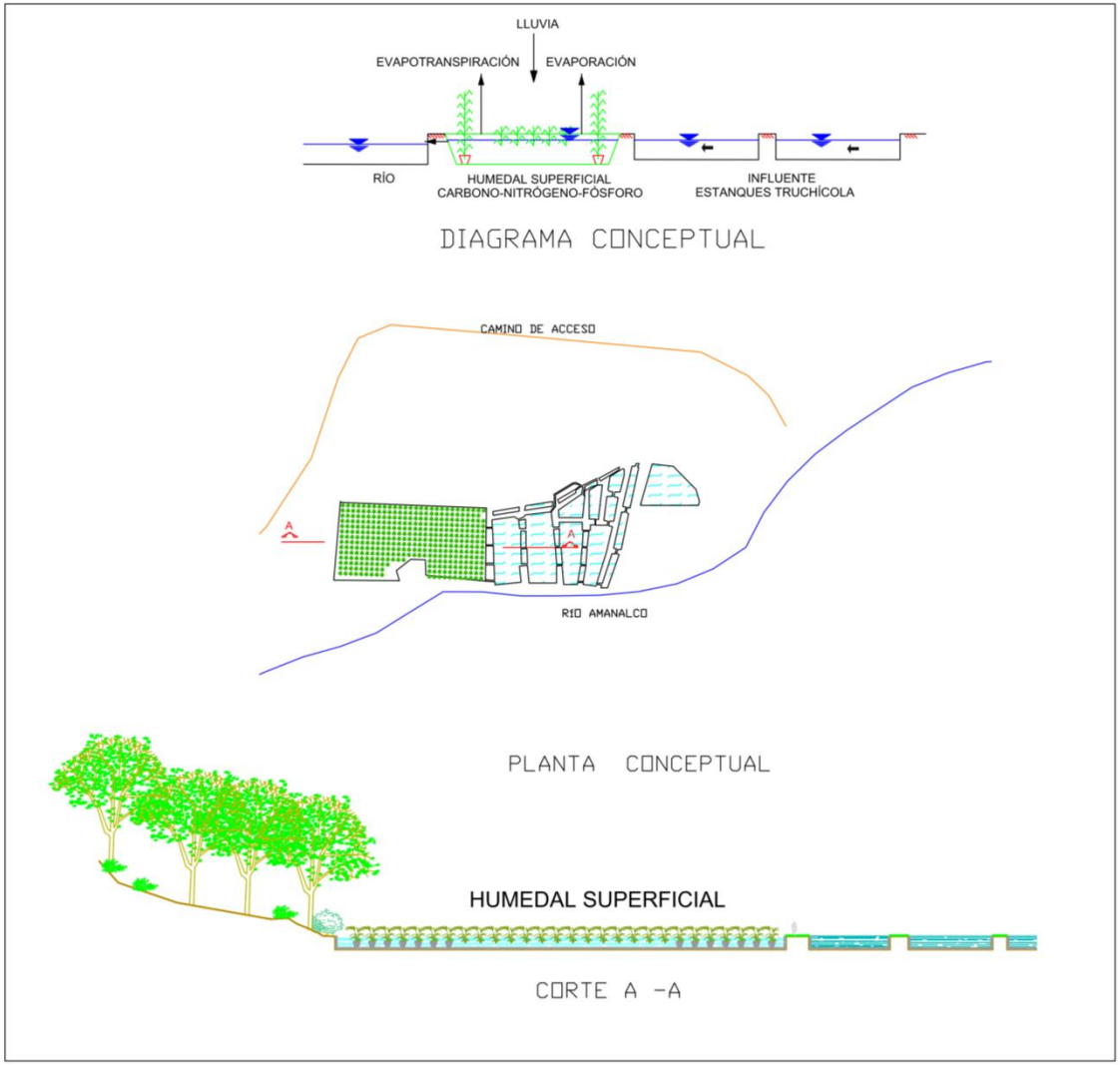
GAIA®
Estudios Ambientales - UNAM
Grupo Académico Interdisciplinario Ambiental

Propuesta conceptual de Sistema de Humedales Artificiales (SHA) Granja Truchícola

CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

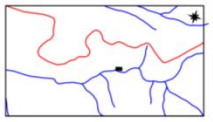
GAIA®
Estudios Ambientales - UNAM
Grupo Académico Interdisciplinario Ambiental

IX.3 DIAGRAMA CONCEPTUAL DE LA PROPUESTA GRANJA TRUCHÍCOLA (C1)



HUMEDAL SUPERFICIAL GRANJA TRUCHÍCOLA PROPUESTA CONCEPTUAL INFLUENTE GRANJA (C1)

CARTA DERIVADA A PARTIR DE LA CARTA E14-A46 1: 50,000



Área por módulo 1,552 m²

Área con capacidad para tratar 78 m³/día a razón de 250 m³/día por 0.5 ha.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

ESTUDIO TÉCNICO MULTIDISCIPLINARIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE HUMEDALES ARTIFICIALES PARA EL SANEAMIENTO DEL APORTE DEL RÍO AMANALCO A LA PRESA VALLE DE BRAVO

CONVENIO No. CONAGUA-CGPEAS-UNAM-02/2015
No. REG UNAM 40691-401-13-8-15
PROYECTO FG-10-086

GRANJA TRUCHICOLA
PROPUESTA CONCEPTUAL
1

ESTADO DE MÉXICO

Sistema de Humedales Artificiales
Granja Truchícola

Sistema conceptual	Área total (m^2)	Área útil (m^2)	Agua a tratar	Capacidad de tratamiento (m^3/día)*	Costo aproximado del SHA ± 35 % ($MXP)

Descripción	Características	Observaciones
Humedal de flujo superficial (HAFS). Se instalará en el último estanque de la granja, con plantas acuáticas y sustrato para reducir concentración de los nutrientes posteriormente descargar el agua al Río Amanalco.	1) Existe la infraestructura. 2) El costo de la inversión es muy bajo 3) Remoción de C, N y P (prevención de la eutroficación) 4) El agua se puede recircular y reutilizarse dentro de la granja. 5) Se puede potenciar a todas las granjas acuícolas de la zona 6) Es propiedad privada por lo que la posibilidad de que surjan conflictos sociales es muy baja. 7) Presencia de organizaciones sociales de carácter ambiental a nivel municipal. 8) Antecedente de relación con campesinos por actual PTAR.	1) Propiedad privada 4) Definir competencia de manejo del agua residual y tratada

TABLA RESUMEN

CONAGUA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA	ESTUDIO TÉCNICO MULTIDISCIPLINARIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE HUMEDALES ARTIFICIALES PARA EL SANEAMIENTO DEL APORTE DEL RÍO AMANALCO A LA PRESA VALLE DE BRAVO	Convenio: CONAGUA-CGPEAS-UNAM-02/2015 Proyecto: FQ-10-086

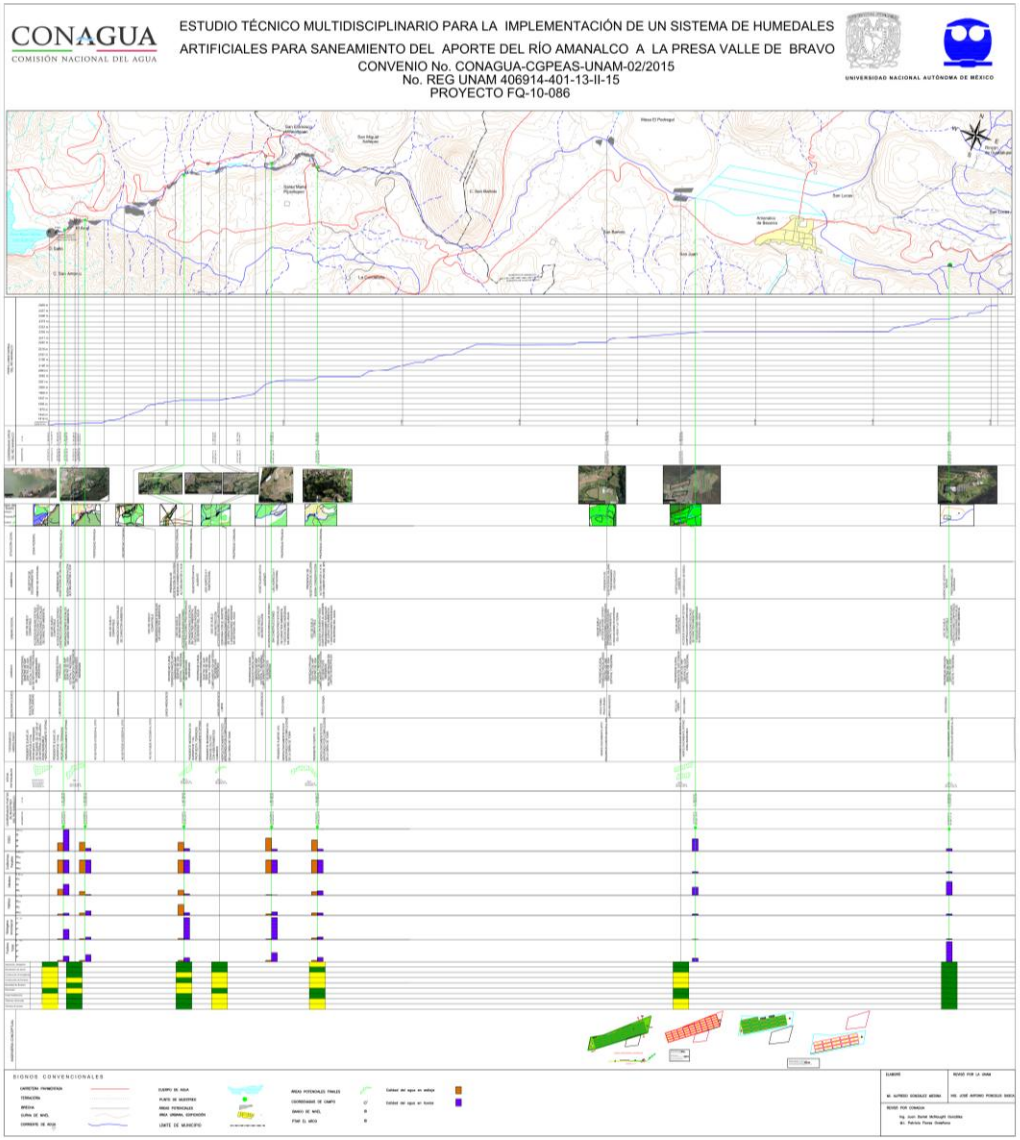
Sitio	Sistema conceptual	Área total (m^2)	Área útil (m^2)	Agua a tratar	Capacidad de tratamiento (m^3/día)*	Costo aproximado del SHA ± 35 % (SMXP)	Descripción	Características	Observaciones
Desembocadura		11,677	10,910	Río Amanalco	546	99,341,621	Humedal de flujo subsuperficial. El influente proviene del Río Amanalco, el efluente se descarga a la Presa. Se instalará en la desembocadura del río a la Presa. Son dos áreas independientes, con protección y contención con bordos, cada una está subdividida en módulos, en los cuales el agua se trasvasa por efecto de gravedad; posiblemente se requerirá bombeo.	1) Se dispone del terreno (área federal). 2) Hay suficiente área. 3) No se requiere bombeo ya que se conducirá el influente por gravedad. 4) Cada bloque de SHA podrá trabajar independientemente. 5) Remoción de C, N y P (prevención de la eutroficación) 6) Fuerte presencia de organizaciones sociales de carácter ambiental a nivel municipal.	1) Se deberán levantar bordos del orden de los 5 metros en el perímetro del humedal para protegerlo cuando la presa este en su máximo nivel, lo que implica un incremento en costo. 2) Se requiere bombeo para subir el agua. 3) Se reduce la superficie para SHA. 4) Falta precisar el área federal real disponible
		22,508	19,655	Río Amanalco	983	159,637,394	Humedal de flujo subsuperficial El influente proviene del Río Amanalco, el efluente se descarga a la Presa. Compuesto por dos áreas independientes, cada una subdividida en módulos, en los cuales el agua se trasvasa por efecto de gravedad; las áreas están elevadas con terracerías.	1) Se dispone del terreno (área federal) 2) Hay suficiente área. 3) No se requiere bombeo ya que se conducirá el influente por gravedad. 4) Remoción de C, N y P (prevención de la eutroficación) 5) Fuerte presencia de organizaciones sociales de carácter ambiental a nivel municipal.	1) Se deberá elevar el nivel de todo el predio del orden de los 5 metros para proteger el humedal cuando la presa esté en su máximo nivel, lo que implica un incremento en costo. 2) Se requiere bombeo para subir el agua. 3) Falta precisar el área federal real disponible
		23,505	23,500	Río Amanalco	1,175	196,073,835	Humedal de flujo subsuperficial. El influente proviene del Río Amanalco, el efluente se descarga a la Presa. El área está dividida en módulos de tratamiento, colocados en terrazas, por lo que el trasvase de agua entre ellos es por efecto de la gravedad. Para conducir el influente posiblemente se requerirá bombeo.	1) Se dispone del terreno (área federal) 2) Hay suficiente área. 3) No se requiere bombeo ya que se conducirá el influente por gravedad. 4) Remoción de C, N y P (prevención de la eutroficación) 5) Fuerte presencia de organizaciones sociales de carácter ambiental a nivel municipal.	1) Se deberá hacer una rectificación del cauce del Río Amanalco para disponer de mayor área para el humedal, además de que se deberá levantar el nivel de todo el terreno, lo que implica un costo alto. 2) Falta precisar el área federal real disponible
El Arco		12,051	9,666	Río Amanalco	483	38,181,934	Humedal de flujo subsuperficial. El influente proviene del Río Amanalco. El influente proviene del Río Amanalco, el efluente se descarga al río. El área esta dividida en módulos irregulares, los cuales abarcan casi la totalidad del área disponible en el polígono, están colocados en terrazas, por lo que el trasvase de agua entre ellos es por efecto de la gravedad.	1) Se considera con área potencial 2) El terreno es sensiblemente inclinado, lo cual ayuda a tener un buen flujo de agua. 3) Esta contiguo al río. 4) Por la disposición de los módulos, se está utilizando el predio al máximo. 5) No requiere grandes movimientos de tierras. 6) Remoción de C, N y P (prevención de la eutroficación) 7) Fuerte presencia de organizaciones sociales de carácter ambiental a nivel municipal.	1) Es posible que sea necesario bombeo (dependiendo de la topografía). 2) Falta definir el carácter legal del terreno.
		12,051	4,374	Río Amanalco	219	29,718,549	Humedal de flujo subsuperficial. El influente proviene del Río Amanalco, el efluente se descarga al río. El área se divide en módulos regulares del mismo tamaño, están colocados en terrazas, por lo que el trasvase de agua entre ellos es por efecto de la gravedad.	1) Se considera como área potencial. 2) El terreno en sensiblemente inclinado, lo cual ayuda a tener un buen flujo de agua. 3) Esta contiguo al río. 4) No requiere grandes movimientos de tierras. 5) Remoción de C, N y P (prevención de la eutroficación) 6) Fuerte presencia de organizaciones sociales de carácter ambiental a nivel municipal.	1) Es posible que sea necesario bombeo (dependiendo de la topografía). 2) Por la disposición de los módulos, no se está utilizando el área del predio al máximo. 3) Falta definir el carácter legal del terreno
El Salitre		7,777	4,374	Rastro	219	24,207,676	Humedal de flujo subsuperficial. El influente proviene de la salida del tratamiento del Rastro (digestor anaerobio). Los módulos están colocados en terrazas, por lo que el trasvase de agua entre ellos será por efecto de la gravedad. El efluente se puede utilizar para riego agrícola.	1) El influente que proviene del Rastro esta muy cerca del predio y se encuentra a un nivel superior a éste, por lo que se puede conducir el influente por gravedad. 2) La pendiente del predio es sensiblemente plana, por lo que la nivelación del terreno será mínima y la conducción del agua en los módulos será adecuada. 3) El efluente del SHA puede utilizarse para riego agrícola irrestricto 4) Fuerte presencia de organizaciones sociales de carácter ambiental a nivel municipal.	1) El predio se encuentra en la otra margen del Río, por lo que hay que pasar la tubería del influente por un "puente canal" (un estructura metálica). 2) Para el tratamiento del influente se requiere un sistema anaerobio previo a la entrada al humedal, y debe tener máximo 1000 mg/L de DQO antes de entrar al SHA; remoción de 60 % C, 40 % N y 30 % de P (dentro del SHA) 3) No se garantiza el cumplimiento de la NOM-001-SEMARNAT-1996, depende de la concentración de entrada (DQO) a todo el sistema de tratamiento 4) Definir competencia de manejo del agua residual y tratada 5) Presencia de organizaciones indígenas en lucha por el agua.
PTAR Amanalco		23,488	19,089	Agua residual municipal	954	109,404,842	Humedal de flujo subsuperficial. El influente es la descarga municipal. El efluente se descarga en el Río Amanalco. Entra a sedimentador externo y posteriormente al SHA.	1) Se considera como área potencial 2) Para la nivelación del predio el volumen de relleno es bajo. El terreno es sensiblemente inclinado, lo cual ayuda a tener un buen flujo de agua. 3) Está contiguo al río. 4) Se garantiza cumplimiento de la NOM-001-SEMARNAT-1996 5) Presencia de organizaciones sociales de carácter ambiental a nivel municipal. 6) Antecedente de relación con campesinos por actual PTAR.	1) Es posible que sea necesario bombeo (dependiendo de la topografía). 2) Requiere obra de canal de protección y muro gavión. 3) No se garantiza remoción eficiente de N y P (control de la eutrofización) 4) Definir competencia de manejo del agua residual y tratada 5) Presencia de organizaciones en defensa del agua y de la tierra a nivel municipal.
		23,488	19,089	Agua residual municipal	954	109,437,069	Humedal de flujo subsuperficial. El influente entra a la PTAR Amanalco, al sedimentador de ésta, al tanque de lodos activados, y antes de la cloración entra al SHA. El efluente se descarga en el Río Amanalco.	1) Se considera como área potencial. 2) Para la nivelación del predio el volumen de relleno es bajo. El terreno en sensiblemente inclinado, lo cual ayuda a tener un buen flujo de agua. 3) Está contiguo al río. 4) Reducir el costo de operación de la PTAR Amanalco 5) No se requiere cloración al final del tratamiento 6) Remoción de C, N y P (prevención de la eutroficación) 7) Se puede tratar toda el agua proveniente del drenaje municipal 7) Presencia de organizaciones sociales de carácter ambiental a nivel municipal. 8) Antecedente de relación con campesinos por actual PTAR.	1) Es posible que sea necesario bombeo (dependiendo de la topografía). 2) Requiere obra de canal de protección y muro gavión 4) Definir competencia de manejo del agua residual y tratada 5) Presencia de organizaciones en defensa del agua y de la tierra a nivel municipal.
Granja Truchícola		1,552	1,552	Agua residual de acuacultura	78	879,352	Humedal de flujo superficial (HAFS). Se instalará en el último estanque de la granja, con plantas acuáticas y sustrato para reducir concentración de los nutrientes posteriormente descargar el agua al Río Amanalco.	1) Existe la infraestructura. 2) El costo de la inversión es muy bajo 3) Remoción de C, N y P (prevención de la eutroficación) 4) El agua se puede recircular y reutilizarse dentro de la granja. 5) Se puede potenciar a todas las granjas acuícolas de la zona 6) Es propiedad privada por lo que la posibilidad de que surjan conflictos sociales es muy baja. 7) Presencia de organizaciones sociales de carácter ambiental a nivel municipal. 8) Antecedente de relación con campesinos por actual PTAR.	1) Propiedad privada 4) Definir competencia de manejo del agua residual y tratada

* Tomando como base un agua residual doméstica, a razón de 250 m^3/d por 0.5 ha.

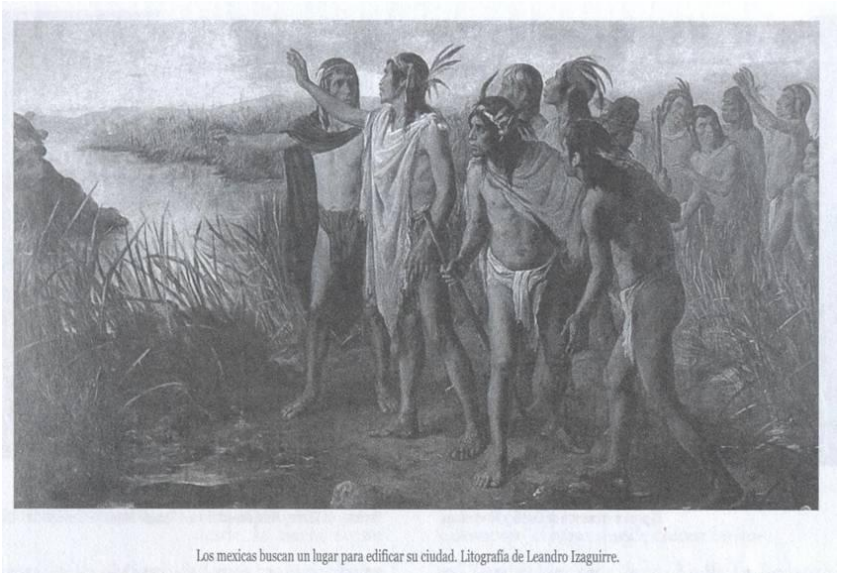
CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

GAIA®
Estudios Ambientales - UNAM
Grupo Académico Interdisciplinario Ambiental

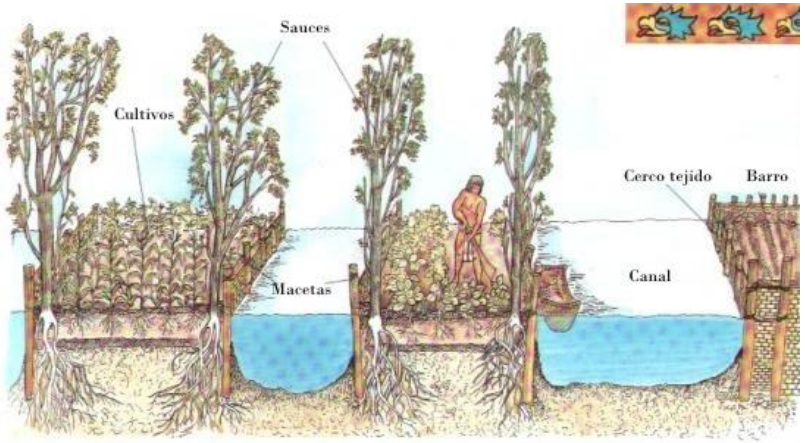
PLANO DE ALINEAMIENTO



HUMEDALES PRE-CUAHUTÉMICOS



Los mexicas buscan un lugar para edificar su ciudad. Litografía de Leandro Izaguirre.



HUMEDALES NATURALES?

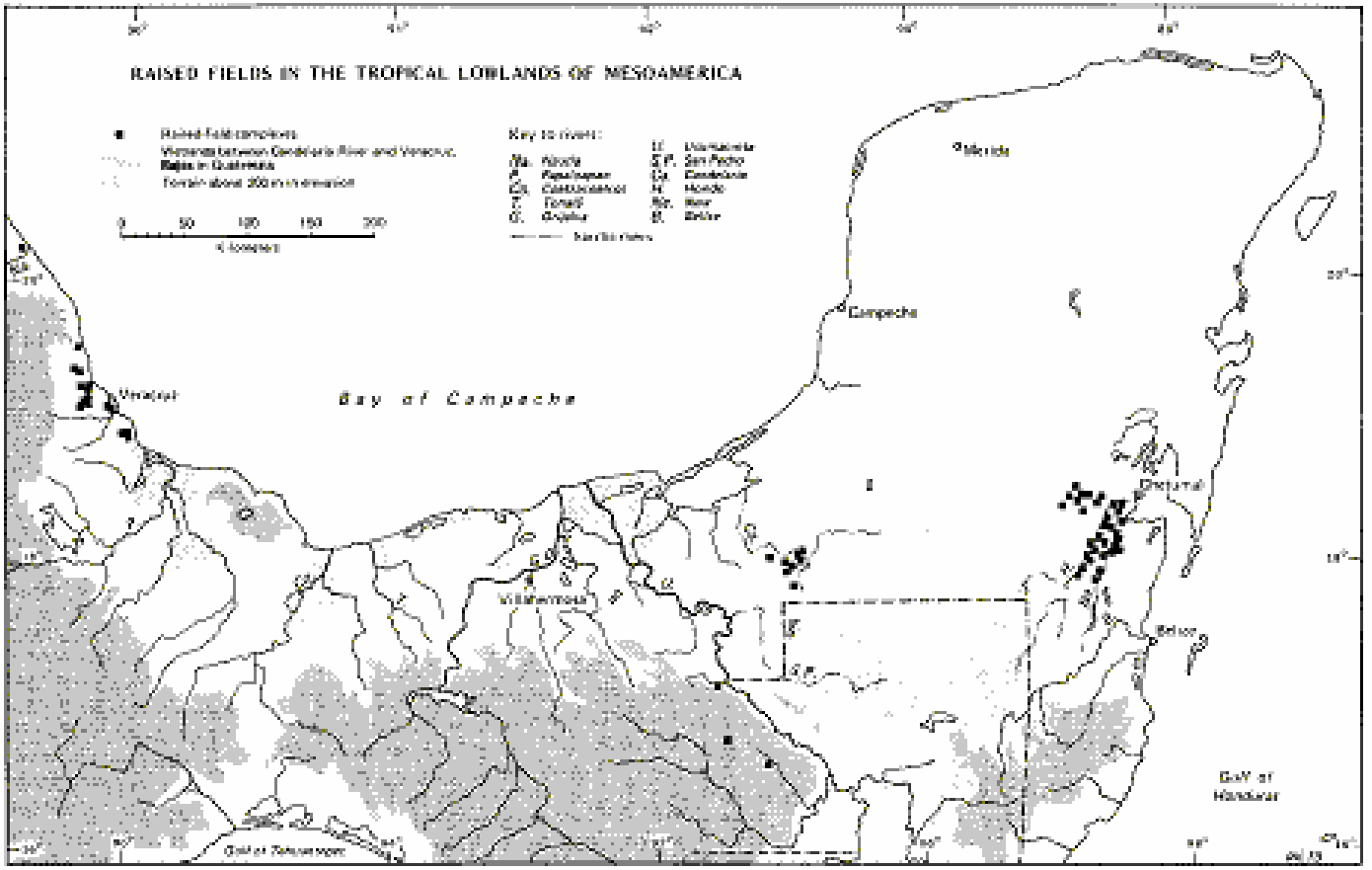


FIG. 1

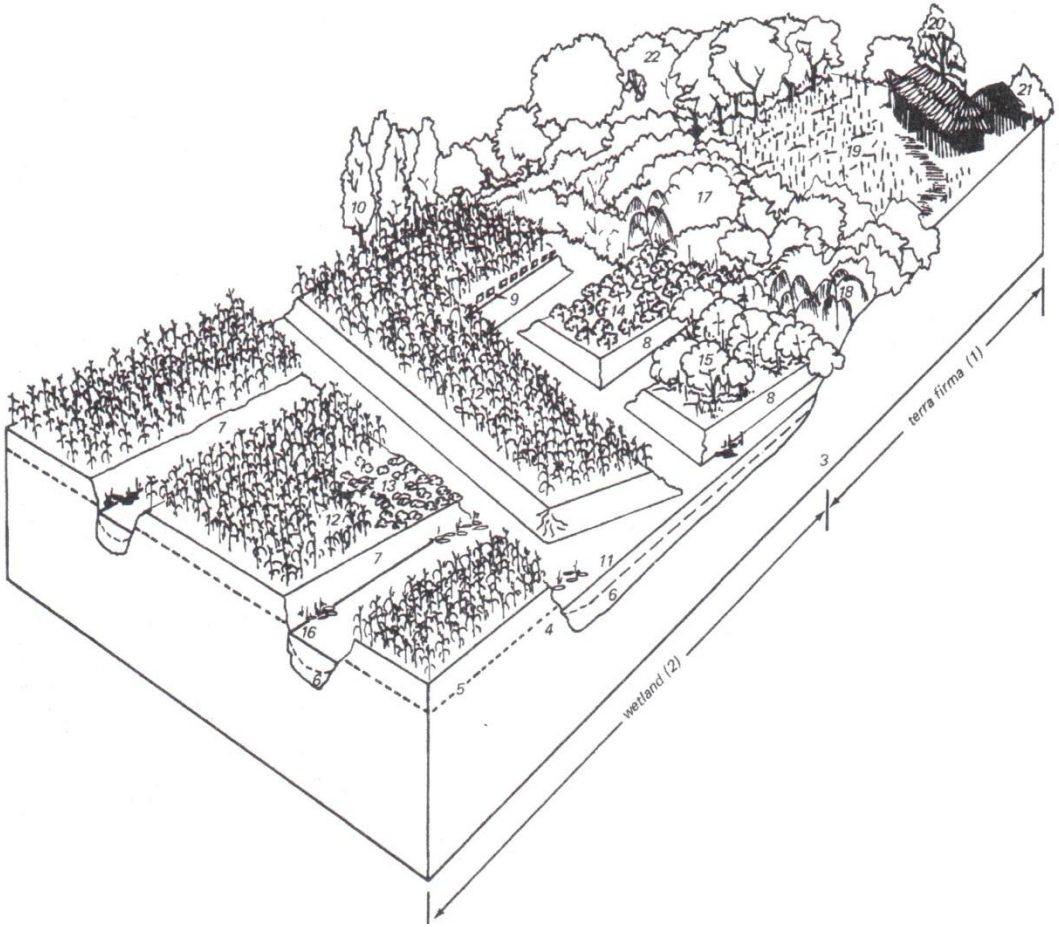
Tomado de : Siemens, A. H. 1983. Wetland Agriculture in Pre-hispanic Mesoamerica. Geographical review, 73 (2): 166-181.

HUMEDALES NATURALES?

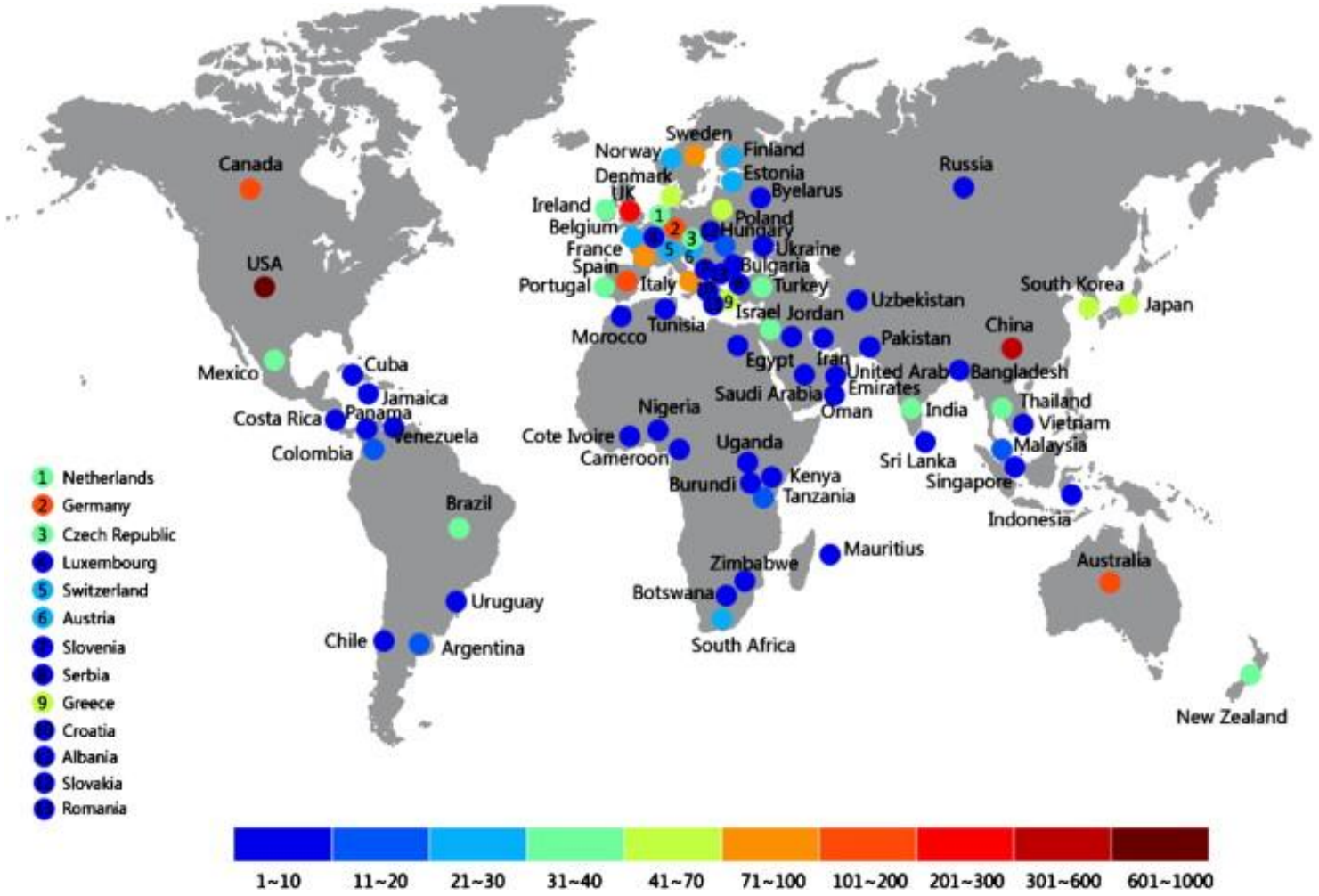
Vestigios de campos elevados en un humedal en el centro de Veracruz. Un canal de drenaje moderno cerrado corta la vista. A la derecha de este canal se encuentran remanentes de la selva alta que una vez dominó el humedal

Tomado de : Siemens, A. H. 1983. Wetland Agriculture in Pre-hispanic Mesoamerica. Geographical review, 73 (2): 166-181.

HUMEDALES NATURALES?



Reconstrucción hipotética del sistema de subsistencia pre-Hispánica Maya en tierras bajas cársticas. Clave: 1 tierra firme, 2 humedal, 3 piedra caliza, 4 aluvión reciente, 5 suelo enterrado, 6 material fertilizante, 7 construcción de campo por canalización y con transporte de materiales, 8 construcción de campo solo por canalización, 9 estabilización de los márgenes de los campos, 10 árboles como alternativa de estabilización, 11 nivel del agua en temporada seca, 12 cosecha de maíz cultivado en temporada seca, 13 algodón, 14 siembra de raíces, 15 cacao, 16 hidrófitas usada como acondicionador de suelo, 17 barrera de árboles, 18 palma escoba, 19 milpa de maíz durante la etapa húmeda, 20 árbol de nueces comestibles, 21 cocina y jardín, 22 selva. (Fuente: Tomado de Siemens, 1983.)



Total de publicaciones sobre investigación en humedales artificiales en el periodo de 1991–2011 (Tomado de Zhi y Ji, 2012)

PARTICIPANTES

GRACIAS POR SU ATENCIÓN!!!