



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
DEPARTAMENTO DE ECONOMICAS Y CIENCIAS SOCIALES**

TESIS DOCTORAL

**Cambios ambientales y transformación del sistema
tradicional de producción en el Valle Bajo San
Francisco Sergipano, y la perturbación de plaga de
ratas en los arrozales del Perímetro Irrigado Betume
(PIB)**

Gedália Cruz Santos

**Prof. Dr. Arturo Vicente Estruch Guitart
(Director de Tesis)**

València (España), 29 de septiembre de 2017

GEDÁLIA CRUZ SANTOS

Cambios ambientales y transformación del sistema tradicional de producción en el Valle Bajo San Francisco Sergipano, y la perturbación de plaga de ratas en los arrozales del Perímetro Irrigado Betume (PIB)

Tesis Doctoral presentada al Programa de Doctorado en Economía Agroalimentaria y del Medio Ambiente, Departamento de Economía y Ciencias Sociales, Universitat Politècnica de València, para defensa pública, como requisito para obtención del título de Doctor en Ciencias Biológicas, Línea de investigación en Economía Agroalimentaria y del Medio Ambiente.

Prof. Dr. Arturo Vicente Estruch Guitart
Director de Tesis

Valencia (España), 29 de septiembre 2017

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
PROGRAMA DE DOCTORADO EN ECONOMIA AGROALIMENTARIA Y DEL
MEDIO AMBIENTE
DEPARTAMENTO DE ECONOMICAS Y CIENCIAS SOCIALES

**Cambios ambientales y transformación del sistema
tradicional de producción en el Valle Bajo San Francisco
Sergipano, y la perturbación de plaga de ratas en los
arrozales del Perímetro Irrigado Betume (PIB)**

Gedália Cruz Santos

EVALUADORES

Pr. Dr. Hassan Ouabouch

Dr. José Daniel Anido Rivas

Dr. Federico Martín Alba

TRIBUNAL

Dr. Dionísio Ortiz Miranda (Presidente)

Dr. Federico Alba Martín

Dra. Ana Isabel García Arias

Valencia (España), 29 de septiembre 2017

MI TRIBUTO!

“Sea bendito el nombre de יהוה de siglos en siglos, porque suyos son el poder y la sabiduría.

Él muda los tiempos y las edades, quita reyes y pone reyes; da la sabiduría a los sabios y la ciencia a los entendidos.

Él revela lo profundo y lo escondido, conoce lo que está en tinieblas y con él mora la luz.

A ti, DIOS de mis padres, te doy gracias y te alabo, porque me has dado sabiduría y fuerza, y ahora me has revelado lo que te pedimos, pues nos ha dado a conocer el asunto del Rey (Daniel 2: 20-23).

Tuya es, ADONAI, la magnificencia y el poder, la gloria, la victoria y el honor; porque todas las cosas que están en los cielos y en la tierra son tuyas.

Tuyo ADONAI, es el reino, y tú eres excelso sobre todos. Las riquezas y la gloria proceden de ti, y tú dominas sobre todo; en tu mano está la fuerza y el poder, y en tu mano el dar riquezas y poder a todos. Ahora pues, DIOS nuestro, nosotros alabamos y loamos tu glorioso nombre. Porque ¿quién soy yo y quién es mi pueblo, para que pudiéramos ofrecer voluntariamente cosas semejantes? Pues todo es tuyo, y lo que ahora te damos lo hemos recibido de tus manos (I Crónicas 29:11-14). Por tanto, yo te confesaré entre las naciones, oh, ALTÍSIMO, y cantaré a tu nombre (Salmos 18:49). Hablaré de tus testimonios delante de los reyes y no me avergonzaré. Me regocijaré en tus mandamientos, los cuales he amado. Alzaré asimismo mis manos a tus mandamientos que amo y meditaré en tus estatutos (Salmos 119: 40-48). ADONAI cumplirá su propósito en mí. Tu misericordia, ADONAI, es para siempre; ¡no desampares la obra de tus manos! (Salmos 138: 8). Aun en la vejez y las canas, ADONAI, no me desampares, hasta que anuncie tu poder a la posteridad, tu potencia a todos los que han de venir, y tu justicia, ADONAI, que llega hasta lo excelso”

(Salmos 71: 18).

IN MEMORIAM

Mi “irmão”, Jairo Cruz Santos: me enseñaste que vale a pena vivir y luchar;

Mi “papai”, José Oliveira Santos, pescador de profesión. Del río Sergipe, del río São Francisco y del Océano Atlántico, “el pan nuestro de cada día” trajiste a casa y alimentaste a nuestra familia. Con usted he aprendido a amar al río y al mar. Te fuiste en el medio del camino y ya no estás para ver este momento, mas Dios me ha ayudado a hacer lo que me pediste: “termine o que você começou”.

Mis “mães adotivas”, Maria das Dores Araújo y Pureza Souza: oyendo vuestras historias de niñas, vos anticipaste en el tiempo, y con vosotras, desde muy antaño... he conocido sin conocer al humedal Betume. Vuestras oraciones y ejemplos, vuestro Dios, que es mi Dios, mi acompañarán siempre.

Mis “avós”, Honorina Andrade y Umbelina Oliveira: vuestra historia y vuestros ejemplos, vuestras oraciones y vuestro Dios que es mi Dios, mi acompañan siempre.

A Zuliná Wine de Oliveira: Amiga fiel y verdadera. Fuiste para mí como una de mis madres, cuando cerca y cuando lejos. Mi prometiste y lo cumpliste. Has esperado hasta mi llegada para partir.

A Alfredo Ricardo Musa Valladares: te recordaré en el azul del mar, te recordaré, en las flores de violetas, te recordaré en los montes, te recordaré al son del arpa.

Vosotros, a quienes he amado tanto, y que poco a poco, a lo largo de esta caminata os habéis ido. Aunque no estéis, todavía sois parte de ella. Fuisteis en mi vida la mayor pérdida, la parte más sufrida y dolida, la mayor vitoria del camino: *Mi amor y memoria eternos.*

AGRADECIMIENTOS

Hay tantos a quienes agradecer...

A la Universita Politècnica de València representada por la Escuela de Doctorado en la Persona de D. Miguel Granell.

A la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural, Departamento de Economía y Ciencias Sociales en la persona de D. Dionisio Ortiz Miranda y del Secretario D. Eduardo T. Lamata.

A mi Director de tesis, Prof. Dr. Arturo Vicente Estruch Guitart: “[...] *Y la palabra a su tiempo, ¡cuán buena es!. [...] Las palabras de los sabios son como agujones; y como clavos hincados son las de los maestros de las congregaciones, dadas por un Pastor*”. Dr. Vicent Estruch, gracias por la orientación a tiempo cierto, por la paciencia, por la atención y respeto que no tiene precio. Por la excelencia de la profesionalidad. ¡Muchísimas Gracias! En mi idioma: Muito Obrigada!

A los Evaluadores: Dr. Federico Martín Alba, Pr. Hassan Ouabouch, y de manera muy especial al Dr. José Daniel Anido Rivas. Vos agradezco por la enriquecedora contribución la que habéis aportado a este trabajo de investigación. Igualmente, extendiendo mis agradecimientos a los miembros del Tribunal: Dr. Dionísio Ortiz Miranda (Presidente), Dr. Federico Alba Martín (Secretario) y Dra. Ana Isabel García Arias.

A la Secretaria de Estado da Educação de Sergipe (SEED), la Secretaria Municipal de Educação em Aracaju (SEMED), y a la Diretoria de Educação de Aracaju (DEA).

A la Codevaf, el Sector de los Perímetros Irrigados, en la persona de D. Ricardo Martins.

A los equipos técnicos responsables del Perímetro Irrigado Betume, en la persona de Dr. Wendel Mota Reis, y de manera muy especial al Dr. José Leonel de Melo Neto (PIB), y al Perímetro Irrigado de Propriá a través de D. Francisco C. G. Costa.

A los agricultores del PIB y del PIP representados por los “Informantes clave” presentes en el cuerpo de este trabajo, mis más sinceros agradecimientos.

A mi FAMILIA: A mi “*mamãe*”, Aurélia Cruz Santos, que con amor incondicional, ha sabido suportar mi ausencia cuando “*papai*” ya no estaba. Su fe, su fuerza, su

confianza, su capacidad de superación mi inspiran. Mi admiración y mi amor, mi homenaje especial es para ti. A mis hermanos, en especial a mis hermanas: Gilvânia C.S.A (por la ayuda con el trabajo en el campo), Janise y Giselda. A mis sobrinos, especialmente a Gerlane, y a Elna. A mí querido tío Roberto y a su esposa Alda.

A los amigos:

De mi “Patria amada” Brasil: A Nicodemos Correia Falcão, Ana Lúcia Passos, Sônia Bororó, Juscilene P., Valderêz Chagas, Cremilda Chautard, Frank Mangabeira, Éder Theodoro, Eliane Oliveira, al Grupo Syrius en la persona de Anselmo y Claudia Corrêia. A Célia Costa y a João Maria. A los amigos más cercanos que hermanos, la amada familia en el espíritu y de corazón: Renato y Telma M. S. Machado y familia. A la querida y amada familia Wine de Oliveira. A Margarida Nascimento a quem amo con amor materno. A los queridos y amados Joelma Evany Polmateer y a David Adrian Luthanen (EEUU). A Lenice. A M. Acácia D. A Cléa Brandão. Al querido señor Antônio Macário por el cariño. Al señor Antônio y a la señora Ivonete Bittencourt por el amor que ni el tiempo ni la distancia pudieron cambiar. A las amigas Anaide Valença, Divânia Falcão, Adna Araújo y Maria Goreth do N. Castro. A las queridas hermanas Maria Cordélia, Helena Magalhães y a Ruth Carmo. A Katiene Bacelar (UFS), a Dra. Laura Jane G. (UFS), a Julieta Augusto Nhampossa (UFS), a Alexandre Barreto, y a los amigos Frank Mangabera e Ivson Gonçalves.

Amigos en España, “tierra deseable”:

A los queridos Carlos Narvaez y Amparo T. Almela, mi cariño.

A Francisco Noé Roman Pellin. Siempre te voy a llevar en mi corazón. ¿Cómo agradecerte? Eres un amigo *más cercano que un hermano*.

A los queridos Pr. Dr. Mihail Butoiu y a su esposa Dra. Claudia Butoiu, gracias por todo apoyo.

Al amigo que me ha sostenido con sus consejos, su fe y sus oraciones, mi querido Armando G. de la Parra (Palma de Mallorca). ¡Muchísimas gracias! A amiga querida Ma. Argeenis S.C. (Colombia), y a Neuza Nascimento (Brasil). A Yolanda R., gracias por ayuda en las correcciones. A Lurdinha (Maria de L. C. V.) (Francia), gracias por el apoyo, mismo de lejos. A las amigas Glória Oliveira y Ma. Adelaida de A.N., á Carina y a Carlos. A Alfio Rodriguero.

A los que llegaron a ayudarme sin saber que yo necesitaba: Emili Boix, Fernando Rodríguez y esposa (Gisela) y Manuel Bruña,

A Maria I. Viedman (Relaciones Internacionales de la UA). A Maria J. Asencio por la generosidad. A Ma. Begoña Peris. A las amigas, Rosa González (EEUU) y Marielena Godinez (EEUU). A Ninfa, a Jesús, a Elizabeth, y a familia Caicedo por el cariño. A Carmen Moraru, muchísimas gracias por la confianza.

A todos vosotros: Mucho obligada! *¡Muchísimas Gracias!*

¡ELOHIM Dios! Todo es tuyo, y lo que ahora te damos lo hemos recibido de tus manos.

São Francisco
*Tem o nome de um santo
que amava a natureza
Tuas águas se derramam
Trazem a graça do Divino
A deslizar na correnteza
Velho Chico, Velho amigo*
Rio da Integração
*Que alimenta em seu percurso
Um povo tão sofrido
E que te tem por inspiração*
(Telma Maria S. Machado,
Poetiza Sergipana)

ÍNDICE GENERAL

Índice de Tablas	xiv
Índice de Figuras	xv
Índice de Gráficos	xv
Índice de Siglas	xv
Agradecimientos	
Resumen	xvii
Abstract	xviii
Resum	xix
Resumo	xx
1. INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1. Introducción	1
1.1.1. Antecedentes: Factores naturales y la relación “Sociedad-Naturaleza” en el Valle Bajo San Francisco Sergipano	2
1.1.2. El origen conceptual de la relación “Hombre-Naturaleza”, el pensamiento del siglo XX sobre los ecosistemas de humedales y el concepto del “Desarrollo Sostenible”	5
1.2. Planteamiento del problema, Justificación e hipótesis	10
1.2.1. Problema	10
1.2.2. Justificación	11
1.2.3. Hipótesis	13
1.3. Objetivos: General y específicos	13
1.3.1. Objetivo general	13
1.3.2. Objetivos específicos	14
1.4. Estrategia Metodología	15
1.4.1. Estructura del documento	15
1.5. Referencias Bibliográficas	17
CAPÍTULO 2. ENVIRONMENTAL CHANGES AND TEMPORAL DISTRIBUTION OF ORDER RODENTIA IN NORTH-EAST BRAZIL	23

(NEB), AND ITS LINK TO THE EL NIÑO SOUTHEM OSCILLATION (ENSO) AND DROUGHT IN THE REGION

Abstract	24
2.1 Introduction	24
2.1.1. Area of study and data	25
2.2. Results and discussion	25
2.2.1. El Niño events and precipitation in the n-NEB and LSFS	26
2.2.1.1. Rodent outbreak	26
2.2.1.1.1. Genera and species to year rodent outbreak, “ratadas” in LSFS	26
2.3. References	30

CAPÍTULO 3. CHARACTERISTICS OF RODENT OUTBREAKS IN THE LOW SAN FRANCISCO SERGIPANO (SERGIPE, BRAZIL) AND INFLUENCE OF ANOMALIES ON SEA SURFACE TEMPERATURE ON TEMPERATURES IN THIS REGION

Abstract	34
3.1. Introducción	34
3.1.1. Study area and data	35
3.2. Results and Discussion	36
3.2.1. Floral diversity in the PIB	38
3.2.1.1. Correlation between SSTs and Maximum (Mx) and Minimum (Min) Temperature (Tp) in the LSFS	39
3.3. Conclusion	42
	42
3.4. References	

CAPÍTULO 4. VARIACIÓN DE DAÑOS PROVOCADOS POR RATAS EN ARROZALES DEL BAJO SAN FRANCISCO SERGIPANO (BSFS)

Resumen	47
Abstract	48
Resumo	49
4.1. Introducción	52
4.2. Material y Métodos	52
4.3. Resultados	54
4.3.1. Estudio de la frecuencia de los daños	54
4.3.1.1. Comparación entre fases en la Parcela 339	54
4.3.1.2. Comparación entre fases en la Parcela 341	56
4.3.2. Comparación entre fases	56

4.3.3. Comparación de los daños entre parcelas (339 y341)	57
4.3.4. Fase y parcela	58
4.4. Discusión	59
4.5. Conclusiones	63
Anexos	64
4.6. Referencias Bibliográficas	65
CAPÍTULO 5. VARIACIÓN Y PROPORCIÓN DE VARIANZA DE (ROA) REGIONES OCÉANO ATMOSFÉRICAS Y (AH) ÁREAS HÚMEDAS EN AÑOS ENOS CON O SIN OCURRENCIA DE “RATADAS”, EL CASO DEL (BSFS) BAJO SAN FRANCISCO SERGIPANO, (NEB) NORDESTE DE BRASIL	69
Resumen	70
Abstract	71
Resumo	72
5.1. Introducción	73
5.2 .Material y Métodos	75
5.3. Análisis y Resultados	77
5.4. Discusión	87
5.5. Conclusiones	88
5.6. Referencias Bibliográficas	89
CAPÍTULO 6. A THEORETICAL ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL CHANGE FROM FLOODPLAIN RICE FIELDS TO IRRIGATED PERIMETERS: A CASE STUDY IN THE SAN FRANCISCO SERGIPANO LOW VALLEY IN THE NORTHEAST REGION OF BRAZIL	95
Abstract	96
6.1. Introducción	96
6.2. Material and Methods	97
6.3. Results and Discussion	98
6.3.1. Use of the land and production systems in the SFSLV	98
6.3.1.1. Advantages and disadvantages of the irrigated perimeters in the SFSLV	99
6.3.2. Strategy for restoration in these areas:	99
References	101
7. DISCUSIÓN y CONCLUSIONES	105

7.1. Discusión General	106
7.2. Conclusiones	121
7.3. Referencias Bibliográficas	125
ANEXOS	133

ÍNDICE de TABLAS

CAPÍTULO 2

Table 1: Temporal scale for rodent outbreaks and ENSO events.	29
Table 2: Correlation analyses between the TSMs of OARs and LSFS.	29

CAPÍTULO 3

Table 1: The crop growth stage most vulnerable to rodent damage.	77
Table 2: The climatic season of highest incidence to rodent outbreaks	79
Table 3: Correlation analysis between SSTs of OAR and temperatures in the LSFS.	81
Table 4: Correlation analysis between SSTs of CAO (NATL/SATL/TROPICAL) and temperatures in the LSFS.	83

CAPÍTULO 4

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de los daños por fases en la parcela 339.	55
Tabla 2. Comparaciones de daños entre pares de fases en la parcela 339.	55
Tabla 3. Estadísticos descriptivos de los daños por fases en la parcela 441.	56
Tabla 4. Estadísticos descriptivos de los daños por fases.	56
Tabla 5. Comparaciones de daños entre pares de fases.	56
Tabla 6. Estadísticos descriptivos de los daños por parcelas.	57
Tabla 7. Estadísticos descriptivos de los daños por fase y parcela.	58
Tabla 8. Comparaciones por pares: fase.	59
Tabla 9. Comparaciones de daños entre parcelas.	59

CAPÍTULO 5

Tabla 1. Resultados de correlaciones entre VC del BSFS/PIB en función de las ATSM y TSM de ROA en la década de los 60.	77
Tabla 2. Resultados de correlaciones entre VC del BSFS/PIB en función de las ATSM y TSM de ROA en la década de los 70.	81
Tabla 3. Resultados de correlaciones entre VC del BSFS/PIB en función de las ATSM y TSM de ROA en la década de los 80.	83

Tabla 4. Resultados de correlaciones entre VC del BSFS/PIB en función de las ATSM y TSM de ROA en la década de los 90.	85
---	----

Tabla 5. Resultados de correlaciones entre variables climáticas del PIB en función de las ATSM y TSM de ROA en la década de los 00.	85
--	----

CAPÍTULO 6

Table 1: A comparison of the use of the soil and production systems in the SFSL valley before and after the environmental changes.	98
---	----

ÍNDICE de FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figure 1: Dog hunters in the LSFS (1999-2000).	38
---	----

CAPÍTULO 3 xiii

Figura 1: Planta general del Perímetro de “Rizicultura” Irrigada Betume (PIB), con vista del Sector 8 (Betume I). (Codevasf, 1998. Esc. 1/15.000. Reducido).	53
---	----

Figura 2. Diagrama de caja: daños por fases em la parcela 339.	55
---	----

Figura 3. Diagrama de caja: daños por fases.	57
---	----

Figura 4. Diagrama de caja: daños por parcela.	58
---	----

ÍNDICE de GRAFICOS

CAPÍTULO 3

Graphic 1: Graphic representation correlation (Table 3).	40
---	----

Graphic 2: Graphic representation correlation (Table 4).	41
---	----

ÍNDICE DE SIGLAS

ATSM-Anomalías de Temperatura dela Superfície Marina

COA - Categorias del Oceano Atlántico

CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba

EN “El Niño”

IOS - Índice de Oscilación del Sur

LN - “La Niña”

MAP – Media Anual de Precipitación

NATL o AN- Océano Atlántico Tropical Norte

NEB - Nordeste de Brasil (Región)

n-NEB - (Región semiárida de la NEB)

PIB - Perímetro Irrigado Betume o Perímetro de Rizicultura Irrigada Betume

PIP - Perímetro Irrigado de Propriá

RN - Regiones de los lagos Niños

ROA - Región Océano Atmosférica

SATL o AS - Océano Atlántico Tropical Sur

SF - Río San Francisco

TROP o TROPICAL- Índice para toda la franja Ecuatorial de todos los océanos (Atlántico, Índico y Pacífico)

TSM - Temperatura de la Superficie Marina

VC - Variables Climáticas del VBSFS

VBSF - Valle Bajo San Francisco

VBSFS - Valle Bajo San Francisco Sergipano o Valle BSFS

VBSFA - Valle Bajo San Francisco Alagoano

VHBSFS - Valles Húmedos del Bajo San Francisco Sergipano

RESUMEN

El Valle Bajo San Francisco Sergipano es una subregión del Nordeste de Brasil (NEB) y por largo tiempo ha sido un ejemplo de interacción entre sistema fluvial y humedal. Esta subregión fue sometida a cambios ambientales en los años 70, a través de la modificación del curso del río San Francisco por la construcción de la presa de “Sobradinho”. Entre 1978 y 2015 en los perímetros irrigados del “VBSFS” se viene verificando una plaga de roedores a escala temporal irregular, mas a una misma escala espacial, donde las ratas atacan los cultivos del arroz en los “Perímetros Irrigados”. Este estudio analiza la relación entre la plaga de ratas, los cambios ambientales en la región, los daños y el nuevo modelo de producción, y las condiciones climáticas las que están sometidas la NEB: el evento “El Niño” y las sequías regionales. Los resultados indicaron que la plaga de roedores ocurre a la misma escala temporal del evento “El Niño” y sequías en la NEB, mas su permanencia y daños en los cultivo se relaciona con la situación de impacto ambiental.

Palabras-clave: Brasil, Perímetro Irrigado Betume, “ratadas”, Neópolis, Propriá, desarrollo y medio ambiente

ABSTRACT

Environmental change and transformation of the traditional system of production in the Valley San Francisco sergipano and the disturbance caused by rodents plague in the Irrigated Perimeter Betume

The Low San Francisco Sergipano Valley (“LSFSV”) is one of the sub-regions within North-East Brazil (“NEB”), and it has long been held as a natural example of interaction between river and floodplain systems. This sub-region actually underwent major environmental changes in the 1970s with a modification of the San Francisco (“SF”) river course triggered by the construction of the Sobradinho dam and reservoir. Between 1978 and 2015 in the irrigated perimeters in the LSFSV there have been verified an outbreaks of Rodent Plagues observed throughout an irregular temporal scale but in the same spatial scale, where rats have attacked the irrigated rice fields. This study analyses the relationship between the environmental changes in the region, damages in the rice cultivation and the new production model and climatic conditions in relation to the NEB: ”El Niño” and periodic regional droughts. Results indicate that the rodent plague occurs in the same temporal scale to “El Niño” events and drought in the NEB, but its prevalence and damage in the rice fields is linked with environmental impact contitions in the region.

Keywords: Brazil, Irrigated Perimeter Betume, “ratadas”, Neópolis, Propriá, environmental development

RESUM

Canvis ambientals i transformació del sistema tradicional de producció a la Vall Bajo San Francisco Sergipano, i la pertorbació de plaga de rosegadors eb els arrosars del Perímetre Irrigat Betume

La Vall Bajo San Francisco Sergipano (BSFS) és una de les subregions del nord-est de Brasil ("NEB"), i s'ha mantingut durant molt de temps com un exemple natural d'interacció entre els sistemes de rierols i planes d'inundació. Aquesta subregió realment va experimentar grans canvis ambientals en la dècada de 1970 amb una modificació del curs del riu San Francisco (SF) desencadenat per la construcció de la presa i l'embassament de "Sobradinho". Entre 1978 i 2015 en els perímetres de reg de la "VBSFS" s'han verificat brots de plagues de rosegadors amb una escala temporal irregular, però en la mateixa escala espacial, on les rates han atacat els camps d'arròs de regadiu. Aquest estudi analitza la relació entre els canvis ambientals a la regió, els danys en la cultura de l'arròs i el nou model productiu i les condicions climàtiques en relació amb el NEB: "El Niño" i seccions regionals periòdiques. Els resultats indiquen que la pesta de rosegadors es produeix en la mateixa escala temporal als esdeveniments "El Niño" i la sequera a la NEB, però la seua prevalença i dany en els camps d'arròs estan lligats a condicions d'impacte ambiental a la regió.

Paraules clau: Brasil, Perímetre Regadiu Betume, "ratades", Neópolis, Proprià, desenvolupament mediambiental

RESUMO

Mudanças ambientais e transformação do sistema tradicional de produção no Vale do Baixo São Francisco Sergipano e a perturbação da praga de roedores nos arrozais do Perímetro Irrigado Betume

O Valle Baixo São Francisco Sergipano (VBSFS) é uma sub-região do Nordeste do Brasil (NEB), e por um longo tempo foi um exemplo de interação entre sistema fluvial y de várzea. Esta sub-região foi submetida a mudanças ambientais nos anos 70. Estas transformações se deram através da modificação do curso do Rio São Francisco (SF) e pela construção da represa de Sobradinho. Desde o ano de 1978 até o ano 2015, nos "Perímetros Irrigados" do VBSFS vem-se observando uma praga de roedores a escala temporal irregular, mas a uma mesma escala espacial, onde os ratos atacam os cultivos de arroz nos "Perímetros Irrigados". Este estudo analisa a relação entre a praga de roedores, as mudanças ambientais na região, os danos no cultivo do arroz, o novo modelo de produção, e as condições climáticas as quais está submetido o NEB: o evento "El Niño" e as secas periódicas. Os resultados indicaram que a praga de roedores ocorre na mesma escala temporal do evento "El Niño" e secas no NEB, mas a sua proliferação, permanência e danos nos cultivos se relacionam com a situação das transformações e impactos ambientais a que foi submetida esta região.

Palavras-chave: Brasil, Perímetro Irrigado Betume, "ratadas", Neópolis, "Propriá", desenvolvimento e meio ambiente

CAPÍTULO 1
INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS DE LA
INVESTIGACIÓN

1.1. Introducción

1.1.1. Antecedentes: Factores naturales y la relación “*Sociedad-Naturaleza*” en el Valle Bajo San Francisco Sergipano

Este estudio se desarrolló en el Valle del Bajo San Francisco Sergipano¹, una subregión del Valle Bajo San Francisco², que se constituye también en una región del Nordeste de Brasil³. Esta subregión, caracterizada por sus ecosistemas de humedales, fue sometida a cambios ambientales severos. Conforme a Santos (2000) y (2015), durante siglos, el Valle Húmedo del Bajo San Francisco Sergipano⁴ fue un ejemplo de interrelación entre los componentes de sus ecosistemas, el río San Francisco⁵ y sus humedales. Según Góis, Paiva y Tavares (1992), la región en torno al río SF se caracterizaba por los humedales, e islas a lo largo de su orilla derecha. Según lo identifican Suvale/Ancarse (1972), CODEVASF⁶ (1976), (1983), (1999), (2017), Barros (1985), Fonseca (1988), Góis, Paiva y Tavares (1992), el VBSF sufrió severos cambios ambientales por la construcción de la presa de Sobradinho, resultando en la alteración con el desvío del cauce del SF, y de los ciclos naturales de inundación en los humedales de ribera.

Como subregión de la NEB, el VBSFS está sujeto a los fenómenos y condiciones climáticas, que son característicos e influyen fuertemente esta región. De acuerdo con Ferreira y Mello (2005), Marengo (ca. 2008), Marengo (2008), Lucena, Filho y Servain (2011), Diniz, Medeiros y Cunha (2014), la climatología de la NEB se caracteriza por su gran variabilidad espacial y temporal, a escala interanual. Y conforme indica Marengo (2008), la sequía constituye la principal manifestación de la variabilidad climática de la NEB. Según Moura y Shukla (1981), Aragão (1998), Folland et al. (2001), Lucena, Filho y Servain (2011), y Marengo, Alves y Cunha (2016), los procesos de los sistemas atmosféricos que modulan el clima en la región, incluyen los patrones de los océanos Pacífico y Atlántico Tropical. Conforme a los estudios de Aragão (1998), Marengo et al. (2011), y Nobre et al. (2006) citado por Marengo (2008), las sequías están asociadas a las características climáticas de la región y la variabilidad de los océanos Atlántico y Pacífico. Coincidiendo en que la variabilidad del clima sobre la NEB está modulada por patrones

¹ VBSFS (Valle Bajo San Francisco Sergipano).

² VBSF (Valle Bajo San Francisco).

³ NEB (Región Nordeste de Brasil).

⁴ VHBSFS (Valle Húmedo del Bajo San Francisco Sergipano).

⁵ SF (Río San Francisco).

⁶ CODEVAFS (Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba).

atmosféricos, al mismo tiempo en que también por patrones oceánicos (Regiones Oceánicas Atmosféricas⁷). Conforme señalan Moura et al. (2009) y Lucena, Filho y Servain (2011), estas características tienen como resultado permanentes irregularidades espacio-temporales en relación con las precipitaciones, y afectan las condiciones socio-económicas de la región.

En el semiárido de la NEB el clima constituye el factor abiótico más importante en toda la región, debido a las sequías “estacional” y “periódica”. De acuerdo con Mendes (1997), la “sequía estacional” con ocurrencia anual en el segundo semestre del año, (invierno-primavera, julio-enero), es un evento climático normal y se caracteriza como parte del régimen hidrológico regional. La “sequía periódica” impide la producción, no tiene año exacto para su ocurrencia y se caracteriza por la irregularidad de lluvias durante la estación lluviosa (verano-otoño). El intervalo entre las “sequías periódicas” varía mucho, con una duración que oscila entre uno y cinco años. Las lluvias son de tipo imprevisible, torrenciales, e irregulares en su escala de tiempo y espacio. Conforme a Paiva y Campos (1995), debido a que las características climáticas y la condición de cercanía con el agreste, la fauna se mueve intensamente entre las dos zonas, semiárido y agreste. Según indican Paiva y Campos (1995) y Mendes (1997), las áreas entre el agreste y el semiárido son de uso común a especies de aves y de pequeños mamíferos, principalmente los roedores.

Conforme Mares, Willig y Lacher (1981), Streilein (1982) y Mendes (1997), el comportamiento de la fauna del semiárido está condicionado por su distribución, y se caracteriza por el abandono de estas regiones por ocasión del periodo de estío anual. Durante el verano, en el periodo de las lluvias conocido por invierno o durante el periodo de la madurez de los frutos, los animales retornan al semiárido en busca de alimento.

Tal como está identificado en CODEVASF (1976), Barros (1985), Fonseca (1988), Góis, Paiva y Tavares (1992), y Sigaud (1995), los cambios que tuvieron lugar en el VBSF se caracterizaron por modificaciones a nivel de su sistema fluvial, el río SF, por la alteración de su cauce y por la eliminación de las inundaciones anuales de los humedales que integraban el ecosistema fluvial. Según CODEVASF (1976), (1983) y (1996) estas áreas fueron transformadas en “Perímetros Irrigados”.

Como señalan Sigaud (1985), Barros, 1985), Fonseca (1988), IBGE (1994), y CODEVASF (2007), después de los cambios ambientales, varias formas de impactos

⁷ ROA (Regiones Oceánicas Atmosféricas).

pasaron a integrar el VBSF. Según observaron Elías (1983), Sergipe (1995) y Santos (2000), entre otros, una plaga de roedores a escala temporal irregular, con daños en los campos de arroz y perjuicios económicos para los pequeños agricultores en la subregión del VBSFS. Conforme indican Sergipe (2015) la plaga de roedores no ocurre tan sólo en los “Perímetros Irrigados”, sino que también en las áreas con cultivo de arroz de secano en el VBSFS. Concomitante a la ocurrencia de la plaga en los años 1998-2000, asimismo la misma fue observada en el Valle del Bajo San Francisco Alagoano (“VBSFA”) (Santos, 2000).

En el continente Suramericano, en zonas semiáridas de Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Paraguay, Perú y Venezuela, la perturbación por roedores conocida como “ratada” es recurrente y su relación con los factores climáticos ha sido objeto de estudio por diversos autores como Jaksic (1998), Lima, Marquet y Jaksic (1999), Holmgren et al. (2001), Jaksic y Lima (2003), Román (2012), Mejías (2014), Mejías y Ramírez (2015). También en Centro América, en Costa Rica, en partes de Australia, de los EEUU y en otras partes del globo, varios estudios relacionan las “ratadas” con una posible respuesta al evento océano atmosférico de “El Niño”, conforme a Retana, Solera y Solano (2000), Marshal et al. (2002), Letnic, Tamayo y Dickman (2005), Holmgren et al., (2001) y (2006).

En lo que concierne a los cambios ambientales que tuvieron lugar en la región, conforme indican Oliveira, França y Castaneda (2005), el VBSF viene siendo duramente afectado por decisiones gubernamentales incorrectas, relacionadas con las subcuencas a “montante” (subida) del río SF. Estudios realizados en 1940 y 1957 demostraron efectos negativos que podrían ocurrir en el VBSF como resultado de la construcción de hidroeléctricas para una mayor generación de energía. Según lo expuesto por Sigaud (1985) y Monteiro (1962), durante siglos, el régimen del río SF fue el referente del calendario agrícola regional para los ribereños. Los aspectos socio-económicos y culturales de la población del valle y su estilo de vida, se desarrollaron a lo largo de las orillas del SF. Así mismo, conforme a Sigaud (1985), el río SF ha tenido una influencia decisiva en la economía de la NEB y a nivel de Brasil como un eslabón de unión nacional.

Denominado por los habitantes primitivos, los que vivían a sus orillas, como “Para”, literalmente traducido por “mar”, el río SF fue considerado como el “Nilo Brasileño”, el “Mediterráneo Brasileño”, o el río de la “Unidad Nacional” (Pierson, 1972). Conforme a Santos (2000) y Santos (2015) en el VBSFS, el soporte de su modelo natural, el río SF,

funcionaba como el reloj a través del que se fundamentaba la relación *Hombre-Naturaleza*. Y como consecuencia, su binomio “Sociedad-Naturaleza” se mantuvo durante siglos con base en su interrelación natural: ecosistema fluvial y ecosistema de humedal.

1.1.2. El origen conceptual de la relación *Hombre-Naturaleza*, el pensamiento del siglo XX sobre los ecosistemas de humedales y el concepto del “*Desarrollo sostenible*”

De acuerdo con Kesselring (1992), inicialmente, la relación *Hombre-Naturaleza* se dio a través del triángulo: “DIOS-HOMBRE-NATURALEZA”. En el pensamiento judío-cristiano de acuerdo con Génesis 1, 1 (Rv. 60): “*En el principio creó Dios los cielos y la tierra*”, y conforme expuesto por Bourdeau (2004) la naturaleza partía de un “Principio” y un concepto divino. Según Dafonte (2009) el principio es algo previo a la naturaleza. Conforme a Bourdeau (2004), el principio en el contexto judío-cristiano, fue que la naturaleza podía y debía ser dominada, siendo revisado este concepto a que la naturaleza debe ser administrada por el hombre. Según Kesselring (1992), para los griegos la naturaleza era vista como un “principio inteligente” en la totalidad de los seres naturales. En el pensamiento aristotélico, conforme a Bourdeau (2004) y González (2003), la naturaleza tenía un propósito y debía ser imitada.

El significado del sustantivo naturaleza, inicialmente fue definido por los griegos como la *Physis*, y posteriormente en latín, con diferentes significados: *natura*, que significa la “*acción de hacer nacer*”, “*nacimiento*”, sustantivo al verbo *nascor, nasci, natus sun*, “*nacer, ser nato*” según señala Kesselring (1992). Este concepto se modificó a lo largo del desarrollo humano en el tiempo. Conforme a Santos (2000) en los siglos que siguieron, los cambios conceptuales fueron marcados por la búsqueda de respuestas a los cuestionamientos sobre las necesidades humanas. Además, la propia inquietud humana con respecto a la obtención del “CONOCIMIENTO”, también sirvió de fundamentación para las grandes transformaciones y la expansión del concepto de la naturaleza, que llegó al binomio: “Sociedad-Naturaleza”.

La historia del hombre y su relación con la naturaleza, se construyó primeramente por la visión humana sobre los sistemas naturales, y según Bourdeau (2004), posteriormente por el conocimiento científico, a través de una observación analítica como objeto de estudio, por el “Método Cartesiano”. De este modo se dio la interacción e intervención del hombre con el medio ambiente.

El siglo XX se distinguió por nuevos conceptos sobre la naturaleza y en la visión de la historia, Eric Hobsbawm se refirió al siglo pasado como la “Era de los Extremos” y se caracterizó por la paradoja del desarrollo de las ciencias naturales y sus resultados negativos para la humanidad. La población humana global tenía el 2% de científicos, y el uso de métodos universales incluyó la economía en todas sus ramas: la agricultura, la industria, la salud, la política, la educación y la religión, según Hobsbawm (1995). El siglo pasado dejó como herencia una naturaleza en estado precario. Los mecanismos usados en su transformación, también constituyeron y aun se constituyen en una amenaza a la existencia humana (Santos, 2000 cita a Hobsbawm, 1995). Es la naturaleza radicalmente modificada y transformada por la tecnología, que deja a nivel planetario unas condiciones de impactos globalizados, que se establecen como modelos permanentes en los sistemas naturales.

En el siglo XX en lo que concierne al hombre y los ecosistemas de la tierra, de modo muy especial se destacó la llamada de atención a los ecosistemas de “*humedales*”, como sistemas naturales determinantes a la *preservación y conservación* de la vida. Según Ramsar (2006), el interés por la conservación de los ecosistemas de humedales radica en que figuran entre los medios más productivos del mundo, son cuñas del desarrollo humano y de la diversidad biológica, y aun se les incluyen como importantes depósitos de material genético. Sus componentes físicos, biológicos y químicos incluyen sus suelos, el agua, las plantas y los animales, y estos elementos hacen posible que el ecosistema de humedal desempeñe diversas funciones vitales, incluyendo la mitigación del cambio climático. En el Artículo 1.1 de la Convención en Ramsar (2006, p.12), se define los humedales como “*las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces o salobres, incluidas las extensiones de agua marina*”. El Manual de la Convención de Ramsar, en el tratado intergubernamental aprobado el 2 de febrero de 1971 en la ciudad iraní a las orillas del mar Caspio, la “Convención sobre los Humedales” o “Convención de Ramsar” es el primero de los tratados modernos de organización intergubernamental sobre conservación y uso sostenible de los recursos naturales (Ramsar, 2006).

El siglo XX también se caracterizó por el establecimiento de un nuevo concepto, un nuevo paradigma de desarrollo: “*El Desarrollo Sostenible*”.

La concepción del “*Desarrollo Sostenible*” surge con el concepto del “Eco Desarrollo”, a partir de la propuesta de Maurice F. Strong en 1973. Con énfasis en la

“Economía” y en el “Medio Ambiente”, se pretendía mantener una relación de interdependencia entre la *preservación y conservación* de la naturaleza y el desarrollo humano, con vistas a una mayor equidad a nivel social-internacional. Como objetivos prioritarios fueron definidos como de suma importancia conservar los sistemas de sustentación de la vida generados por la naturaleza. Además, se estableció que el uso de un recurso natural renovable es considerado sostenible cuando su explotación se mantiene dentro de sus límites y capacidades de renovación. Con este planeamiento el objetivo de la comunidad técnico-científica fue, ajustar las necesidades humanas a los recursos naturales disponibles, de un modo justo y equitativo. El concepto teórico de “*Desarrollo sostenible*” perseguía el ideal de un tipo modélico, el que pudiera mantener en equilibrio las diferentes vertientes del planeta con relación a la esfera de la vida humana: la ecología, la estructura social de la comunidad mundial, su economía, su conocimiento, y su política (Mendes, 1997).

El término fue confirmado por el documento de la “Estrategia Mundial para la Conservación” publicado en 1980 por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Por “primera vez” el término “*Desarrollo Sostenible*” aparece a través de la Comisión Mundial en Desarrollo y Medio Ambiente presidida por la Primera Ministra noruega, Gro Harlem Brundtland, 20 años antes de la entrada del nuevo siglo XXI. El “Informe Brundtland” llamó la atención del mundo sobre la necesidad urgente de que el progreso del desarrollo económico definiera cambios, los que pudieran ser sostenibles, sin disminuir los recursos naturales y causar daño al medio ambiente según señalan Mendes (1997) y UNCSD (2007).

Respecto al “*Desarrollo sostenible*” Colby (1991) observó que desde el siglo pasado la sociedad empieza a discutir seriamente sobre su significado, sin embargo, todavía es muy confuso al entendimiento de cómo alcanzar su implementación práctica. Conforme a Léle (1991), la revisión de la literatura sobre el nuevo paradigma aceptado por instituciones gubernamentales y no gubernamentales, demuestra un vacío de consistencia, en cuanto a su interpretación. Otros autores como Mensah y Castro (2004) cuestionaron sobre la contradicción en torno al concepto de sostenibilidad y abordaron las corrientes que la defienden: ecologistas pesimistas, los que están convencidos de que la tierra no podrá soportar para siempre la demanda mundial sobre los recursos renovables y no renovables y por el contrario, los economistas optimistas, los que están convencidos de que con un incentivo de mercado, apropiadas políticas públicas y una sustitución de materiales por el

proceso de reciclaje, se puede mejorar la calidad de vida de la humanidad y su bienestar por generaciones indefinidas.

A finales de la primera década del siglo XXI, la controversia permanece y según Reig, Aznar y Estruch (2010), el término, todavía es vago e impreciso en lo que concierne a su implementación empírica. En la visión de Islas y Rodríguez (2015) la sostenibilidad es muy importante, sin embargo, es muy compleja la interrelación de desafíos que tiene que enfrentar la sociedad actual. La literatura aun presenta varios obstáculos a superar. Según Mensah y Castro (2004) sostenibilidad es un concepto dinámico, antes que un estado estático y esto mantiene una relación de flexibilidad con los cambios ambientales, las necesidades humanas, y el avance de la tecnología. Las acciones que se consideran contribuyentes a la sostenibilidad hoy, o bien en cuanto a su concepción o su realidad, pueden cambiar en detrimento del contexto de los cambios que ocurran mañana.

El documento sobre la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM) introduce la importancia de los “humedales” y estima que el cambio climático global acelerará la desaparición y la degradación de estos ecosistemas, y como tal la declinación y pérdida de sus especies, por lo cual, se pronostica un incremento de la incidencia de enfermedades transmitidas por vectores o el agua. Además, muchas de las respuestas sostenibles diseñadas para los humedales y los recursos hídricos, tal cual se las considera en la actualidad, en un futuro, no lo serán ni sostenibles, ni suficientes, a menos que se considere otros factores directos e indirectos generadores de cambios ambientales (MEA, 2005).

Al final de la primera década del actual siglo Oladele (2009), al abordar el dilema del “*Desarrollo sostenible*” afirma que no debía ser concebido como un requisito adicional, sí como un “Principio global” que gobierne todo el proceso del desarrollo. Conforme Machado (2014) la preocupación por el medio ambiente es uno de los temas que más ocupa y marca la pauta de los gobernantes mundiales, sin embargo, sin resultados satisfactorios. Por lo tanto, hay que buscarse medios para desarrollar una conciencia ética que lleve al hombre a “cuidar” de la tierra, que no le pertenece exclusivamente, como a todos los seres vivos que aun vendrán a la existencia.

Humedales, *preservación y conservación* de la vida sobre la tierra son sistemas y principios inseparables. Desde el pasado siglo el hombre busca encontrar una equidad entre el concepto del “*Desarrollo sostenible*” y su práctica, como el camino viable para la relación *Hombre-Naturaleza*, “Sociedad-Naturaleza” en la tierra.

El VHBSF sometido a cambios ambientales severos a nivel de su geografía, en su ecología, y en su economía tradicional fue duramente afectado en sus relaciones ambientales del tipo inter e intraespecíficas. Asimismo, el sistema convencional que integraba los factores ambientales, sociales, culturales, económicos y antrópicos de la región de la NEB, el que determinaba la estructura y forma de vida de la población ribereña en el valle, fue completamente eliminado. Los cambios que originalmente se dieron a su nivel físico, como resultado de la alteración, con el desvío del cauce del río SF, según lo identificó Codevasf (1976), (1983), (1999), modificó los ciclos naturales de inundación en los humedales, y como consecuencia, los impactos se extendieron a su ecología, y como tal a su fauna. Y conforme Ramos (1999) en el VBSFS, los cambios se realizaron con base en estudios que carecían de análisis y evaluación en profundidad sobre las formas de impactos que resultarían para la región.

Diversos estudios como Fonseca (1988), Ramos (1999), Santos (2000), Casado et al. (2002), Martins et al. (2011), Brito, Silva y Vasco et al. (2015) y Brito et al. (2016), Nhampossa, Gomes y Brito (2017) identificaron que el modelo de producción en los “Perímetros Irrigados” del VBSFS no contempla condiciones de “*Desarrollo sostenible*”. La NEB, región que incluye el VBSFS, según Marengo (ca. 2008) constituye la región brasileña más vulnerable a la variabilidad y cambios climáticos. Sus provincias presentan bajos indicadores sociales y su Índice de Desarrollo Humano (IDH) es de 0.515, menor que el IDH nacional, de 0.8. Por tanto, los esfuerzos no deben ser escatimados en el sentido de crear posibilidades, las que contribuyan a minimizar las condiciones de impactos en las subregiones de la NEB, y mejorar las condiciones y la calidad de vida de la población ribereña nordestina.

El VBSFS fue sometido a severos impactos ambientales a nivel de su modelo del paisaje y de producción. Desde otra perspectiva, las condiciones de variabilidad climática temporal-espacial en la región Nordeste de Brasil, la NEB, su influencia en la fauna y flora regional, también son factores importantes que pueden desarrollar diferentes tipos de respuestas-impactos como consecuencia de los cambios en esta región. Finalmente, las características propias de la fauna de roedores en la NEB y en el continente Sur Americano; la compleja relación entre el clima de la NEB y fenómenos océano-atmosféricos, y los cambios ambientales a los que fueron sometidos esta región, se constituyen en factores que podrían ser determinantes a la ocurrencia y proliferación de los roedores en estas áreas.

En este estudio, el objetivo general de la investigación se desarrolló a partir de objetivos específicos, los que se definieron en cada capítulo del trabajo. La enumeración en arábigo la que se identifica los planteamientos y los objetivos del trabajo, el primero dígito significa el número del capítulo, seguido del segundo, el que corresponde específicamente a los planteamientos o los objetivos específicos de cada capítulo.

En el título del trabajo se usa el sustantivo ratas como un término más común e indicativo de la plaga, el que viene asociado a la perturbación conocida en Sur de América como “ratadas”. Sin embargo, en el cuerpo del texto, al contrario del título, se usa el término que denomina el orden de estos animales, el orden Rodentia (roedores), en lugar de ratas, debido a que más de un género ha actuado en el área de estudio.

1.2. Planteamientos del problema, justificación e hipótesis

1.2.1. Problema

Adentrando en el universo del problema estudiado y buscando responder la pregunta ¿el qué?, la formulación del problema relacionado con el tema propuesto pretende esclarecer los planteamientos con los que se enfrentan este sistema agrícola. De acuerdo con Lakatos y Marconi (1989) la validez científica de un problema pasa por su elaboración en forma de cuestión. Siendo así, elaboramos los planteamientos que se siguen:

2.1. ¿Los cambios ambientales en la relación “Sociedad-Naturaleza” en el VBSFS son los factores causales directos para ocurrencia de la plaga de roedores en el Perímetro Irrigado Betume⁸?

2.2. ¿Hay relación de asociación entre la escala temporal de ocurrencia de la plaga, el evento El Niño Oscilación del Sur⁹ y las condiciones climáticas de la NEB?

3.1. Durante la ocurrencia de la plaga en el PIB/VBSFS, como efecto de incidencia ¿hay características específicas en lo que concierne al ciclo del cultivo del arroz, la estación climática, y la presencia de predadores?

3.2 En los años con plaga, 1978 a 2010, ¿las Anomalías de la Temperatura de la Superficie Marina¹⁰ influenciaron sobre las temperaturas (Mx Tp y Mn Tp) en el VBSFS?

3.3. En la actualidad, ¿se verifica la presencia de familias autóctonas, comunes a la composición de la flora de antaño a los cambios ambientales?

4.1. En los años 1999-2000, durante el suceso de la plaga en el PIB, ¿se verificó variación

⁸ PIB (Perímetro Irrigado Betume).

⁹ Evento ENOS (El Niño Oscilación del Sur).

¹⁰ ATSM (Anomalías de la Temperatura de la Superficie Marina).

significativa para los daños en las fases del cultivo y en las parcelas?

5. ¿Hay asociaciones lineales entre las ROA y las VC del VBSFS con coeficientes de determinación que cuantifican una respuesta significativa de las condiciones climáticas del VBSFS en función de las ROA?

6. ¿El modelo actual de los “Perímetros Irrigados” contribuye a la condición de “*Desarrollo sostenible*” en el VBSFS?

1.2.2. Justificación

En respuesta al ¿por qué? de la investigación, el interés por el estudio sobre los cambios ambientales en el VBSFS tiene como punto de partida la ocurrencia de una plaga de roedores en los cultivos de arroz en el humedal Betume. El suceso de la plaga se caracteriza por una escala temporal irregular, con su primera manifestación a partir de la entrada en operación del nuevo sistema de producción, un “Perímetro Irrigado”, el “Perímetro Irrigado Betume”. La perturbación por la plaga fue la primera evidencia natural de una situación de impacto ambiental, como consecuencia de las alteraciones sufridas en este agroecosistema natural.

La plaga es solo uno de los problemas más evidentes de las condiciones de impacto, las que resultaron de las grandes transformaciones introducidas en el VBSFS. La plaga se viene manifestando a un ciclo máximo de tres ocurrencias por década, entre 5/6 años. Los daños en el campo, muchas veces superan las condiciones económicas de los agricultores, necesitando de tiempo para reponerse frente a los perjuicios económicos.

La estructura del nuevo sistema de producción también da señales de que carece de soporte para mantenerse de forma sostenible. Además de esto, las características climáticas de la Región Nordeste de Brasil, por su variabilidad espacial y temporal, componen una unidad con sus eco-agroecosistemas e influye en sus factores naturales y antrópicos, a nivel social y económico.

Es imposible implementar el “*Desarrollo sostenible*” cuando los cambios ambientales se realizan sin que antes se pueda prever los resultados de factores físicos, bióticos y antrópicos, en sistemas naturales que sostienen los ecosistemas o agroecosistemas. En el VBSFS, los procedimientos para la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) se hicieron de forma rápida y no previeron las consecuencias para los

factores bióticos (fauna y flora) en la región. Los resultados han sido de graves consecuencias a nivel ecológico y ambiental, y en sus esferas: social, cultural y económica.

La importancia del estudio se justifica y radica en la comprensión de la relación causa-efecto de los cambios y las transformaciones que sufrieron las áreas de humedales en esta región, consideradas como un agroecosistema sostenible. Estos sistemas por sus características propias son aptos a la ocupación humana y eran agroecosistemas donde la relación “Sociedad-Naturaleza” se daba de forma equilibrada, y mantenía una dinámica propia, entre naturaleza y producción (factores antrópicos). El estudio viene a contribuir con una evaluación crítica y propuestas prácticas, sobre la acción antrópica en este ambiente, cuyos cambios dejaron alteraciones permanentes en las relaciones entre sus factores físicos y bióticos, pero también en su relación “Sociedad-Naturaleza”.

La comprensión de la relación entre factores climáticos, cambios ambientales y la perturbación de la plaga de roedores en los “Perímetros Irrigados” en el VBSFS permitirá profundizar el conocimiento sobre las relaciones entre los humedales y los factores ambientales integrados a estos agroecosistemas en esta región. Igualmente, puede promover discusiones sociales, e iniciativas de acciones políticas y económicas para futuros proyectos concernientes al río SF, en la región del Valle BSFS. El estudio también se justifica por su contribución a nivel de la identificación del origen del problema, como una respuesta a la comunidad de los agricultores e instituciones responsables por los perímetros. Se trata de un estudio pionero en cuanto al problema en el área de estudio y con relación al recuento y análisis de los daños en los perímetros. Asimismo, en lo que dice respecto al análisis del comportamiento de las variables climáticas *in loco* en el VBSFS (pluviometría y temperatura del aire) en función de las Temperaturas de la Superficie Marina¹¹ y ATSM en ROA: Índice de Oscilación del Sur¹², Regiones Niños¹³: n1+2, n3, n34 y n4 y Categorías del Océano Atlántico (Norte, Sur y Tropical). El estudio ofrece alternativas dadas por los mismos especialistas de los perímetros, las que en la práctica pueden posibilitar a una minimización de los impactos ambientales en el VBSFS.

De igual modo, este estudio contribuye a una reflexión y discusión sobre el tipo de desarrollo y el actual modelo de producción en el VBSFS. El estudio introduce la definición del “*Desarrollo sostenible*” a partir de su etimología, el verbo que lo deriva en

¹¹ TSM (Temperatura de la Superficie Marina).

¹² IOS (Índice de Oscilación del Sur).

¹³ RN (Regiones Niños).

hebreo, por lo que, también posibilita discusiones sobre los paradigmas en los que se basan la relación “Sociedad Naturaleza” en la actualidad.

1.2.3. Hipótesis

La verificación probable para los planteamientos fueron definidos a través de una hipótesis general de que los cambios ambientales en el modelo del paisaje y de producción contribuyen a la proliferación de la plaga de roedores en el “Perímetro de Rizicultura Irrigada Betume” (“Perímetros Irrigados”), y factores ambientales determinan la ocurrencia de la plaga en la región del VBSFS. Como instrumentos para el análisis del estudio se establecen variables a ser verificadas.

1.3. Objetivos: General y Específicos

Los objetivos de este estudio tienen por soporte fundamental y son el resultado de la ampliación del trabajo de investigación desarrollado en el área de estudio entre 1999-2000, por la autora, cuyo título es: *Relação sociedade-natureza e a problemática da infestação de roedores em área irrigada cultivada com arroz (Oriza sativa L.) no Baixo São Francisco Sergipano* (Relación-sociedad-naturaleza y la problemática de la proliferación de roedores en área irrigada cultivada con arroz (*Oriza sativa* L.) en el Bajo San Francisco Sergipano). La línea de investigación en la que se centró el estudio de antaño fue el Desarrollo y Medio ambiente, concentración en áreas semiáridas, curso de Máster en la Universidade Federal de Sergipe (UFS), Brasil. Durante la primera parte de la investigación, asimismo realizado por la autora, se investigaron los factores ambientales determinantes a la proliferación de roedores en el PIB.

En la actualidad, en esta segunda parte del estudio se amplía el tema, y se propone estudiar la perturbación de la plaga de roedores en el VBSFS considerando los impactos ambientales a partir de los factores identificados a priori, de los que resultaron los cambios en el sistema de producción, y en el modelo del paisaje en la región. También se incluyó el comportamiento de los daños en el campo, y la ocurrencia de la plaga en lo tocante a los fenómenos océano-atmosféricos de orden global y que influyen en la NEB.

1.3.1. Objetivo General

Como objetivo general se propone: *Analizar los cambios ambientales en el Valle Bajo San Francisco Sergipano (VBSFS) y su relación con la perturbación irregular de la plaga de roedores en los “Perímetros Irrigados” con cultivo de arroz.*

1.3.2. Objetivos específicos

Como objetivos específicos identificamos:

Objetivo 2.1. Evaluar los cambios ambientales en la relación “Sociedad-Naturaleza” en el VBSFS y su relación con la perturbación de la plaga de roedores en el Perímetro Irrigado Betume (PIB) (1978-2010);

Objetivo 2.2. Verificar la relación entre la escala temporal para la plaga de roedores, el evento ENOS y las condiciones climáticas en la región de la NEB;

Objetivo 3.1. Identificar las características de la plaga de roedores en el PIB (VBSFS) y su mayor efecto de incidencia en relación con: a) Estadio/fase del ciclo del cultivo; b) Estación climática; c) Presencia de predadores;

Objetivo 3.2. Analizar la influencia de las ATSM sobre las máximas (Mx Tp) y mínimas (Mn Tp) de temperatura en el VBSFS entre 1978 y 2010;

Objetivo 3.3. Verificar la presencia de la composición de la flora común a los humedales de antaño a los cambios ambientales, en la actualidad.

Objetivo 4.1. Analizar el efecto de incidencia de la plaga de roedores en el cultivo del arroz en relación con la variación de daños en las fases del ciclo del cultivo del arroz *Oriza sativa* L. y entre las parcelas afectadas en la cosecha 1999-2000, Sector 8/PIB (VBSFS);

Objetivo 5. Investigar la presencia de correlaciones lineales significativas (r) y la proporción de varianza (r^2), entre anomalías ATSM(TSM) de ROA sobre variables climáticas¹⁴ de las áreas de humedales del VBSFS (Propriá¹⁵ y PIB): Pluviometría y Temperaturas (Mx Tp y Mn Tp), en años con o sin plaga de roedores, pero categorizados como de evento ENOS;

Objetivo 6.1. Analizar el modelo actual, comparar el sistema de producción y el uso del suelo en el PIB antes y después de los cambios ambientales;

¹⁴ VC (Variables climáticas).

¹⁵ PIP (Perímetro Irrigado de Propriá).

Objetivo 6.2. Identificar las ventajas y desventajas de los perímetros, y estrategias de minimización de los impactos ambientales.

1.4. Estrategia Metodológica

Este trabajo a manera de Tesis Doctoral está estructurado sobre la base de publicaciones en revistas arbitradas/indexadas. El estudio incluye 5 publicaciones (2015, 2017- en prensa-, 2013, 2013, 2017-en prensa-, respectivamente). La investigación utiliza el método de acercamiento según Lakatos y Marconi (1989), y como método de procedimiento combina métodos cuantitativos (ANOVA; correlación parcial, regresión lineal simple y varianza) y cualitativos (informante clave, observación de campo estructurada y encuestas). El trabajo consta de 7 secciones, las cuales 5 son capítulos-artículos y están distribuidos conforme se designa:

Capítulo 1. Introducción, aspectos metodológicos y objetivos de la investigación.

Capítulo 2: “Environmental changes and temporal distribution of order Rodentia in North-East Brazil (NEB), and its link to the El Niño Southern Oscillation (ENOS) and drought in the region”

Artículo publicado en: Ecosystems and Sustainable development, WIT Transactions on Ecology and The Environment, 192, pp. 33-41, 2015.

Artículo presentado en el International WIT Conferences, ECOSUD 2015, 3-5 Jun, Valencia, Spain.

Capítulo 3: “Characteristics of rodent outbreak in the Low San Francisco Sergipano (Sergipe, Brazil) and influence of anomalies on Sea Surface Temperature on temperatures in this region”: Artículo aceptado para publicación en: Int. Journal of Design & Nature and Ecodynamics. WIT PRESS, 2017.

Capítulo 4. Variación de daños provocados por ratas en arrozales del Bajo San Francisco Sergipano (BSFS).

Artículo publicado en la *Revista Digital de Medio Ambiente “Ojeando la Agenda”*. 23: 1-24 May, 2013.

Capítulo 5. “Variación y proporción de varianza de (ROA) Regiones Océano Atmosféricas y (AH) áreas húmedas en años con o sin ocurrencia de “ratadas”, el caso del (BSFS) Bajo San Francisco Sergipano, (NEB) Nordeste de Brasil”.

Artículo publicado en la *Revista Digital de Medio Ambiente “Ojeando la Agenda”*. 24: 1-27 Jul, 2013.

Capítulo 6. “A Theoretical assessment of the environmental change from floodplain rice fields to Irrigated Perimeters: A case study in the San Francisco Sergipano Low Valley in the Northeast region of Brazil”.

Artículo aceptado para publicación en WIT Transactions on Ecology of the Environment, 2017 y para presentación en el International WIT Conferences, Environmental Impact, Nápoles, Italia, 2018.

Y finalmente, el Capítulo 7: Discusión y conclusiones, se lo cierra con posibilidades futuras de líneas en investigación a partir del estudio. En la última sección, el trabajo presenta los anexos, los que identifican los registros del trabajo de campo. Cada capítulo-artículo está compuesto de una introducción, metodología, discusión de datos y respectiva conclusión, y las referencias bibliográficas.

1.5. Referencias Bibliográficas

- Aragão J.O.R. O aspecto do ENSO e do Dipolo do Atlântico no Nordeste do Brasil. *Bull. Inst. fr. études andines*, 27 (3), pp. 839-844, 1998.
- Barros, H.O.M de. Modernização agrícola autoritária e desestruturação do ecossistema: o caso do Baixo São Francisco. *Cad. Est. Soc., Recife*, v.1, n.1., jan/jun, pp. 97-113, 1985. CDU 631. 17 (282.281.5): 338.92 (812/914).
- Bourdeau, Ph. The man nature relationship and environmental ethics. *Journal of Environmental Radioactivity*. Issues 1-2, p .9-15, 2004.
- Britto, F.B., Silva T.M.M., Vasco, A.N. do et al. Avaliação do risco de contaminação hídrica por agrotóxicos no Perímetro Irrigado Betume no Baixo rio São Francisco, *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 9(3), pp.158–170, 2015. ISSN 1982-7679 DOI: 10.7127/RBAI.V9N300301 (On-line).
- Britto, F.B. et al. Impactos da produção do arroz inundado na qualidade da água do Rio Betume, Sergipe, *Agropecuária Técnica*. vol 37 (1), p.44-54, 2016. Versão Online ISSN: 0100-7467.
- Casado, A.P.B., Holanda, F.S.R., Araújo F. et al. Bank erosion evolution in São Francisco River. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.26, pp. 231-239, 2002.
- CODEVASF. *Projeto de emergencia: pequenas várzeas-Baixo São Francisco*. Brasília: Ministério do Interior/SIRAC, pp. 3p, 1976.
- CODEVASF. Relatório de comissão construída através da determinação 001/83 da 4ª DR, para avaliação de lotes do Projeto Betume Sequeiro. Aracaju, Fev, 1983.
- CODEVASF. *Relatório trimestral de execução*. Assessoria de Planejamento e Coordenação – 4ª SRP, Aracaju, (1981-1996), 1996.
- CODEVASF. *Ficha técnica do Perímetro Irrigado Betume*. Aracaju: SEPRE/CODEVASF. 4ª Superintendência Regional, pp.11, 1999.
- CODEVASF. *Área de revitalização de bacias hidrográficas, estudo ambiental- empreendimento Projeto de Irrigação Betume*. Tomo I textos. Contrato 0.07.04.0042/00, dez, pp.295, 2007.
- CODEVASF. *Sergipe bate recorde de produção com garantia de agua*. Disponible en: http://planetaarroz.com.br/site/noticias_detalhe.php?idNoticia=14383. Consultado en: abr-may, 2017.
- Colby, M.E. Environmental management in development: the evolution of paradigms Sustainable development: A critical review. *Journal Ecological Economics*, Volume 3, Issue 3, September, pp.193-213, 1991. Elsier.
- Dafonte, C.R. Natura optima parens. La naturaleza en el Siglo XII. *Revista Española de Filosofía Medieval*, 16, pp. 43-56, 2009. ISSN: 1133-0902.

- Diniz, M.T.M., Medeiros, S.C. de., Cunha, C. de J. Sistemas atmosféricos atuantes e diversidade pluviométrica em Sergipe. ISSN: 1984-8501 *Bol. Goia. Geogr.* Goiânia, v. 34, n. 1, jan./abr, pp. 17-34, 2014.
- Elías, Donald J. El problema de roedores en el proyecto de riego del bajo San Francisco. *Status e recomendações (informe final)*, 1983.
- Ferreira, A. G., Mello, N. G. da S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influencia dos oceanos Pacíficos e Atlântico no clima da região. *Revista Brasileira de Climatologia*, Vol.1, No 1, Dezembro, 2005.
- Folland, C.K. et al. *Predictability of Northeast Brazil rainfall and real-time forecast skill, 1987-98*. Hadley Centre for Climate Predication and Research, met Office, Bracknell, Berkshire, United Kingdom, 2001.
- Fonseca, V. *A intervenção do estado no Baixo São Francisco sergipano*. Tesis de Doctorado no publicada, Universidade Estadual Paulista: Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro, Brasil, 1988.
- Génesis. Español.: Biblia de Jerusalén: *Antiguo Testamento*, Génesis, Cap. 1, 1, Revisada y aumentada, Editorial Descleée De Brouwer, 2013.
- Góis, J.A. de, Paiva, M. de F.A., Tavares, S.M.T. *Textos para discussão nº 268 Projetos de irrigação do Baixo São Francisco*. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, julho, 1992.
- González, A. Aristóteles Horacio. *Aristóteles Horacio Artes poéticas*. Visor Libros, 2003.
- Hobsbawm, E.J., 1917- *Era dos Extremos: o breve século XX: 1914-1991*. Tradução Marcos Santarrita, revisão técnica Maria Célia Paoli- — São Paulo, Companhia das Letras, 1995.
- Holmgren, M. et al. El Niño effects on the dynamics of terrestrial ecosystems. *Review TRENDS in Ecology & Evolution*, v.16 n.2, February, 2001.
- Holmgren M., Stapp, P., Dickman, C.R. *et al.* A synthesis of ENSO effects on drylands in Australia, North America and South America. *Advances in Geosciences*. European Geosciences Union, 2006.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diagnóstico da qualidade ambiental da Bacia do Rio São Francisco, Sub-bacias do oeste Baiano e Sobradinho. Rio de Janeiro. (Serie estudos e pesquisa em geociências), 1994.
- Islas, A, Calleros & Rodriguez, C. Welsh. Sustainability in practice: integrated assessment to support policy and decision-making process. In: *Ecosystems and Sustainable development X*. WIT Press. Ed. J.L Miralles I Gracia & C.A. Brebbia. *Tenth International Conference on Ecosystems and Sustainable Development ECOSUD X*, Spain, Vol. 192, pp. 393-404, 2015.

- Jaksic, F.M. The multiple facets of El Niño/Southern Oscillation in Chile. *Rev Chil de Hist Nat*, 71, pp. 121-131, 1998.
- Jaksic, F.M., Lima M. Myths and facts on ratadas: bamboo blooms, rainfall peaks and rodent outbreak in South American. *Austral Ecology*, 28: 1-11, 2003.
- Kesselring, T. O conceito de natureza na história do pensamento ocidental. *Ciencias-Ambiente*, 3(5), jul/dez, 1992.
- Lakatos, E.M Marconi, M. de A. Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos. São Paulo: Ed. Atlas, (2ª ed.), 1989.
- Lélé, S.M. Energy & Resources Group, University of California, *World Development*, Vol. 19, No. 6, pp. 607-621, 1991.
- Letnic, M., Taamayo, B., and Dickman, C. R. The responses of mammals to la Niña (El NIÑO Southern oscillation) – associated rainfall, predation, and wildfire in central Australia. *Journal of Mammalogy*, 86(4), pp. 689-703, 2005.
- Lima M., Marquet P.A, Jaksic, F.M. El niño events, precipitation aprrens, and rodent outbreak are statistically associated in semi-arid Chile, *Ecography* 22, pp. 213- 218, 1999.
- Lucena, D.B., Filho, M.F.G., Servain, J.. Avaliação do impacto de eventos climáticos extremos nos oceanos Pacífico e Atlântico sobre a estação chuvosa no Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.26, n2, pp. 297-312, 2011.
- Machado, T.M.S. *Ética da responsabilidade ambiental em Hans Jonas e a relevancia do diálogo entre a Filosofia, a Biologia e o Direito*. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Sergipe, Faculdade de Filosofia, São Cristovão-Sergipe, pp.156, 2014.
- Marengo, J.A. *Impactos das mudanças climáticas no bioma caatinga e na desertificação do semi-árido*. Ministério da Ciência e Tecnologia, Instituto de Pesquisas Espaciais, ca., 2008.
- Marengo, J.A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi-árido do Brasil. PARCERIAS ESTRATÉGICAS, Brasília, DF, n..27, Dezembro, 2008.
- Marengo, J.A. et al. *Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro*. Instituto Nacional do Semi-árido, Campina Grance, 2011.
- Marengo, J.A., Alves, L.M., Cunha, A.P.M. do A. *Histórico de secas no Semiárido do Nordeste e características da Seca de 2010-16*. Avaliação da Seca de 2010-2016 no Semiárido, Fortaleza, CE, 2016, CEMADEN.
- Mares, M.A., Willig, M.R., Lacher, Jr., T.E. The Brazilian caatinga in South American Zoogeography: tropical mammals in a dry region. *J. Biogeography*, n.. 12, pp. 57-69, 1981.

- Marshal, J.P; Bleich, V., Ballard, A. et al. Rainfall, El Niño, and dynamics of Mule deer in the Sonorian desert, California. *Journal of Wildlife management*, 66(4), p.1283-1289, 2002.
- Martins, D.M.F., Chagas, R.M., Neto, G.O.M. et al. Impactos da construção da usina hidrelétrica de Sobradinho no regime de vazões no Baixo São Francisco. *Rev Bras Eng Agríc Amb*, 15(9), pp. 1054–1061, 2011.
- Mejías, P.I. *Un modelo de Simulación genérico de una productora de arroz. Proyecto de Grado presentado ante la ilustre Universidad de Los Andes*. Requisito final para obtener el Título de Ingeniero de Sistemas. Universidad de Los Andes Mérida, Venezuela, pp. 160, 2014.
- Mejías, P.I. y Ramírez N.V. Un modelo de simulación genérico de una productora de arroz. *Agroalimentaria*, 21(41), 95-111, 2015.
- Mendes, B.V. *Biodiversidade e desenvolvimento sustentável do semi-árido*. Fortaleza: SEMACE, 1987.
- Mensah, A.M., Castro, L.C. Sustainable resource use sustainable development: a contradiction? Zentrum fur Entwicklungsforschung (ZEF). *Center for development Research*, University of Bonn, 2004.
- Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC, 2005.
- Monteiro, C.A. de F. Aspectos geográficos do Baixo São Francisco. In: 17 Assembléia Geral (1962: Penedo), Relatório. Penedo, Alagoas, 1962.
- Moura, A.D., Shukla, J. On the dynamics of droughts in northeast brazil-. Observation, theory e numerical experiments with a general circulation model. *J. atmos. Sci.*, 38, 2653-2675, 1981.
- Moura, G.B. de A., Aragão, J.O.R. de, Melo, J.S.P. de et al. *Revista Brasileira de Engenharia Ambiental*, v.13, n.4, pp. 462-469, 2009. Campina grande, PB, UAEA/UFCEG-<http://www.agriambi.com.br>.
- Nhampossa, J.A., Gomes, L.G, Brito, F.B et al. Índice de sustentabilidade do Perímetro Irrigado Betume, Baixo São Francisco Sergipe. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.11, nº.1, pp. 1135 - 1144, 2017. ISSN 1982-7679 (On-line).
- Oladele O.A. *Sustainable Development: On the Dilemma of a Definition*, 2009, (PDF Download Available). Available from: https://www.researchgate.net/publication/306368709_Sustainable_Development_On_the_Dilemma_of_a_Definition [accessed May 14, 2017].
- Oliveira, C.H. de A., França, V.L.A., Castaneda, D.N. Transformações no Baixo São Francisco Sergipano. *Anáís do X Encontro de Geógrafos da América Latina*, 20-26 de Março de 2005: Universidade de São Paulo, 2005.

- Paiva, M.P., Campos, E. *Fauna do nordeste do Brasil conhecimento popular*. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 1995.
- Pierson, D. *O homem no vale do São Francisco*: Ministério do Interior: SUVALE, 1972.
- Ramos, V.O.C. *Pesca, pescadores e políticas no baixo São Francisco Sergipe-Brasil*. Dissertação de (Mestrado) Publicada. NESAs: Universidade Federal de Sergipe, 1999.
- Ramsar. *Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971)*, 4a. edición. Gland (Suiza): Secretaría de la Convención de Ramsar, 2006.
- Reig, E., Aznar J., Estruch V. A comparative analysis of the sustainability of rice cultivation technologies using the analytic network process, *Span J Agric R.*, 8(2), pp. 273-284, 2010. ISSN: 1695-971-X.
- Retana, J., Solera, M., Solano, J. *Efecto de la variabilidad climática sobre la fluctuación poblacional de la rata cañera (Sigmond hispidus) en cañas*, Guanacaste. Taboga: Instituto Meteorológico Nacional Gestion de Desarrollo Hernán Alvarez; Ingenio Taboga, Manejo de Plagas, 2000.
- Román, L.M.F. *Comportamento poblacional de la rata arrocera Holochilus sicureus (Rodentia: Cricetidae) en una unidad de producción de arroz del Estado Portuguesa*. Tesis de Doctorado. Departamento e Instituto de Zoología Agrícola, Universidad Central de Venezuela: Venezuela, pp.134, 2012.
- Santos, Gedália Cruz. *Relação sociedade-natureza e a problemática da infestação de roedores (ratos) em área irrigada cultivada com arroz (Oriza sativa L.) no baixo São Francisco sergipano*. Dissertação de (Mestrado) no Publicada. NESAs: Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, Sergipe, Brasil, pp. 176, 2000.
- Santos, G.C. Environmental changes and temporal distribution of Rodentia in North-east Brazil (NEB), and its link to the Niño Southern oscillation (ENSO) and droughts in the region. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, vol. 192, WIT Press: Southampton and Boston, pp. 33–41, 2015.
- Sergipe. Servicio de Vigilância Sanitária Regional de. *Projeto para controle de roedores no Estado de Sergipe*, 1995.
- Sergipe. *Sergipe pode perder até 80% da produção de arroz por causa dos ratos*, <http://g1.globo.com/se/sergipe/noticia/2015/05/sergipe-pode-perder-ate-80-da-producao-de-arroz-por-causa-de-ratos.html>
- Sigaud, L. *Efeitos sociais de grandes projetos hidrelétricos: as barragens de sobradinho machadinho*. Programa de Pós-Graduação em antropologia do Museu Nacional, 1985.
- Streilein, K.E. Ecology of small mammals in the semiarid Brazilian caatinga. V. Agonistic behavior and overview, *Ann. Carnegie Museum*, 51, pp. 345-369, 1982.

UNCSD. *United Nations Commission on Sustainable Development. Sustainable development in action. Framing sustainable development- The Brundtland report 20 year on Backgrounder, april, 2007.*

CAPÍTULO 2

ENVIRONMENTAL CHANGES AND TEMPORAL DISTRIBUTION OF ORDER RODENTIA IN NORTH-EAST BRAZIL (NEB), AND ITS LINK TO THE EL NIÑO SOUTHERN OSCILLATION (ENSO) AND DROUGHT IN THE REGION¹⁶

¹⁶ Artículo aceptado y publicado: Santos, G.C. Environmental changes and temporal distribution of order Rodentia in North-East Brazil (NEB), and its link to the El Niño Southern Oscillation (ENSO) and drought in the region. *Ecosystems and Sustainable Development*, WIT Transactions on Ecology and The Environment, 192, pp.33-41, 2015.

Environmental changes and temporal distribution of order Rodentia in North-East Brazil (NEB), and its link to the El Niño Southern Oscillation (ENSO) and drought in the region

G. Cruz Santos¹

¹*Department of Economics and Social Science
Polytechnic University of Valencia, Spain*

Abstract

Between 1978 and 2010 in the Low San Francisco Sergipano (“LSFS”) North-East Brazil (“NEB”) region, there have been outbreaks of Rodent Plagues with an irregular temporal scale but in the same spatial scale, where rats have attacked the floodplain rice fields. Rats constitute a serious problem, insofar as they affect rice growing in this region causing massive economic losses. “El Niño” (EN) has a significant impact on animal communities and its effects on NEB are most often associated with years of drought throughout that region, which experimented serious environment changes in the 1970s. Genera and species identified in the study are *Holochilus sicureus* -which is predominant in the LSFS *Oryzomys sublavus*, *Rattus spp.*, and *Nectomys sp.*. This comparative study of the plague years suggest that the temporal scale for the rat plague is related to the El Niño/Southern Oscillation (ENSO) years and to climatic conditions in the dry season in the NEB region.

Keywords: floodplain, Holochilus, Low San Francisc Sergipano, rice, rodent outbreak, ratadas.

1 Introduction

The index Southern Oscillation Index (SOI) [1] and its effects have often been link with significant changes in animal behaviour [2,3,4,5,6]. Chilean scientists have shown the link between the ENSO event, the phenomenon known as “blooming desert” and the “rodent irruptions” (“ratadas”) [5]. The aforesaid “ratadas” have been associated with the ENSO event in the semi-arid regions of different South American countries such as Argentina, Bolivia, Brazil, Chile, Paraguay, Peru and Uruguay [5]. The effects of this oceanic and atmospheric coupling event referred to as SOI/ENSO are strongly felt in NEB, with EN giving rise to dry seasons with below-average precipitation and La Niña (LN) contributing with precipitation [7,8,9,10,11]. LSFS is one of the sub-regions within NEB, and it has long been held as a natural example of interaction between river and floodplain systems. This sub-region actually underwent major environmental changes in the 1970s with a modification of the San Francisco (SF) river course triggered by the construction of the Sobradinho dam and reservoir [12,13,14,15]. Ever since PIB operating in 1977 rodent outbreaks (“ratadas”) have become usual on these floodplains [16] – which, in addition to being very important ecosystems, act as a permanent and temporary habitat as well as a temporary shelter for different species from NEB semiarid ecosystem. This is a comparative study focused on the temporal scale between years of the ENSO event and rodents outbreak. It is suggested that rat plague is related to the years of ENSO; and the climate conditions in NEB during the dry season. This study makes a review of the literature linking ENSO events and “ratadas” in this region, and analyses the correlation between

anomalies from oceanic-atmospheric regions (“OAR”) and precipitation in the rice-growing floodplains in the LSFS for the years with rodent outbreaks.

1.1. Study area and data

The PIB is a floodplain with a total area of 647.7 hectares. This region has an average annual temperature of 25.5°C and a mean annual precipitation (MAP) of 1.555 mm. The climate is sub-humid according to Thornthwait with two clearly defined seasons, resulting in a wet and relatively dry and warm [13, 14, 15]. In Propriá, the climate is “megathermic” semi-arid with mean MAP of 806.01 mm and an average annual temperature of 26.1°C [17]. Propriá is included within the semi-arid tropical zone and Neópolis within the sub-humid zone [13, 17].

In order to determine the correlation between the ENSO events, climatic conditions of the LSFS and rodent outbreaks, we analyse the monthly precipitation in a range of 10 non-sequential years in the same temporal scale in two different geographical zones of the LSFS floodplains areas which had recorded rat plagues: Propriá and Irrigated Perimeter Betume (“PIB”)-Neópolis in the north NEB (“n-NEB”). Their rainfall was compared with the respective monthly anomalies for OAR categories in the Equatorial Pacific Ocean for the SOI [18] and the Niños Regions (“NR”): n1+2, n3, n4, n34 [19]. The most common correlation or predictability measurement, Pearson’s coefficient (r), was introduced to assess the monthly precipitation anomalies of LSFS and OAR. The significance of the relationship was expressed in the probability value p at a linear correlation significance level of $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$ (*95% and **99%). The software programme SPSS, version 19.0, was used for the statistical analysis. The comparison between the temporal scale characterised by the ENSO event, was checked against the National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA) website [20]. LSFS monthly precipitation data were provided by INMET and CMRHSE [21] for the years 1978, 1982, 1983 and 1988 in Propriá 10° 12’49’’S and 36° 50’28’’ [17], and Ascondir Station in Betume-Neópolis 10° 17’ and 10° 24’ S and 36° 36’ 35 45 W [22] for the years 1993, 1998, 1999, 2005, 2009 and 2010. The 63 rice-growers were surveyed about the rodent plague in the LSFS floodplains before the environmental changes with one question: “Were there “Ratadas” before the PIB came into operation?”. In this study, when MAP<800 mm, it is considered as years with much lower than mean annual precipitation (MLMAP) [23].

2 Results and discussion

In this study it was confirmed that: (a) the rat plague has been an irregularly occurring natural phenomenon in the LSFS floodplains; (b) an occurrence of rodent outbreak with losses for the growers of the flooded rice fields happened for the first time in 1978 after the environmental changes in the region; (c) in the LSFS 3 types of environmental changes were identified: (c.1) a physical change in the course of the SF River as a result of the construction of the Sobradinho dam in 1973, and it coming into operation in 1977; (c.2) changes in the use of the land with its traditional production system changing to irrigation system, and from one annual harvest to two; (c.3) and the three naturally

occurring different land use stages during the year (river-floodplain, flooded rice-fields, and pasture) were reduced to solely rice-growing. Of the 63 rice growers surveyed, 69.84% had plots of land with rice before the environmental changes. They answered 'no' to the question about whether the plague had occurred prior to the environmental changes. "Ratadas" were actually observed in the rice-growing LSFS floodplains in 10 years of the last three decades since PIB came into operation (namely:1978, 1982, 1983, 1988, 1993, 1998, 1999, 2005, 2009 and 2010).

2.1 El Niño events and precipitation in the n-NEB and LSFS

In relation to the climatic conditions in the n-NEB the review of the literature has shown: (a) years with rainy seasons and drought in the n-NEB; (b) years with rainfall, low levels of rainfall, and severe drought in the LSFS in table 1;

The crossing point between the anomalies found in LSFS through the data corresponding to Propriá and PIB (Neópolis) was identified as:(a) years with much lower than the mean annual precipitation (MLMAP) in 1982, 1983, 1988, and 1993; (b) years with a low mean annual precipitation (LMAP) in (1998, 1999 and 2005) and (c) years with a high mean annual precipitation (HMAP) –higher than the usual precipitation level in the LSFS region in 1978, 2009 and 2010 in table 1.

2.1.1 Statistical analyses between anomalies in OARs and LSFS

The correlation analysis of monthly anomalies between TSM (Temperature Sea Marine) of OARs and precipitation in LSFS floodplains identified four climate conditions:

- (a) Association of correlations between SOI-NR $r < 0$; NR-LSFS $r < 0$ and SOI-LSFS $r > 0$ with HMAP values in 1978 and MLMAP in 1982, with the EN (weak and strong) events in tables 1 and 2;
- (b) SOI-NR $r < 0$, NR-LSFS $r > 0$ and SOI-LSFS $r < 0$ in 1983 with EN and LN (strong-weak) events; and in 1993 (a neutral year for the ENSO event in tables 1 and 2;
- (c) SOI-NR $r < 0$, NR-LSFS $r > 0$ and SOI-LSFS $r > 0$ in 1988 (EN strong; LN strong), 1998 (EN strong; LN moderate), both with MLMAP and LMAP values in LSFS (tables 1 and 2);
- (d) SOI-NR $r < 0$, NR-LSFS $r > 0$ and SOI-LSFS $r < 0$ with years with both EN and LN episodes: in 1999 (EN-moderate and LN moderate/strong), with LMAP levels. In 2005 (EN weak-LN weak), 2009 (EN-moderate; LN-weak) and 2010 (EN moderate-LN strong) with LMAP and HMAP, HMAP values, table 1. If SOI-LSFS $r > 0$ there is rain in the NEB region, otherwise, a drought season occurs. Save for 1993, all the other years showing an occurrence of the plague were years of ENSO events, table 1.

2.1.1.1 Genera and species to year rodent outbreak, "ratadas" in LSFS

Relation to genera and species by rodent irruption years the plague first occurred in 1978, with neither the genus nor species being identified. In 1982, 1983, rats were identified as *Holochilus sp.*, *Rattus spp.* and *Kerodon rupestris*. In 1988 had rodent irruption in the LSFS with neither the genus nor species being identified too; in 1993, as *Holochilus sciureus* and *Oryzomys sublavus*; in 1998, the damage was caused by *Holochilus sciureus*; and in 1999, they

were identified as *Holochilus sciureus*, *Nectomys sp.*, and *Rattus spp.* by means of data collected in the field; finally, the damage was attributed to *Holochilus sciureus* in 2005, 2009 and 2010.

According to Santos [16], rodent outbreaks in the LSFS region result from the environmental impact caused by the changes experienced in the region – which were described in [11, 12,13,14,15,16]. The SF River has acted as an economic, social and cultural ‘chronometer’ in this region. Before the environmental changes, during higher-water stages the river was a corridor for the aquatic species that entered the floodplains, thus functioning as a natural barrier against terrestrial animals such as infestations, and the productive system of this period had fishing as its basis. Instead, when the water returned to river, the lagoons became rice-growing fields with one annual harvest, and when the water level fell, the floodplains became grazing pastures [16]. These three soil natural agricultural system uses were exclusively reduced to rice-growing use with two annual harvests. The traditionally established floodplain agriculture was almost lost. Of the 63 rice-growers who answered the question posed, 69.84% -corresponding to those who lived in this region when the environmental changes took place– linked plague occurrence since 1978 to the introduction of PIB for rice growing. The remaining 30.16% of rice-growers had no knowledge of the period prior to the environmental changes.

While the river-floodplain relationship worked, the river impeded the plague, carrying away the rats and their nests [16,23,24,25]. The rodent outbreak appears as a natural phenomenon in NEB [26], which suggests that the SF acted as a natural barrier against “ratadas” before the aforesaid changes occurred. It is considered that a regular outbreak of “ratadas” and part of the semi-arid fauna movement could be normal in this region in years with strong ENSO events (EN and LN). Since the first confirmed rodent outbreak occurrence in the LSFS region in 1978, of the 12 years with strong ENSO events (82-83, 87-88, 97-98 (EN); 88-89, 1999-2000 and 2010-11 (LN) [20], six of them (4 strong EN and 3 strong LN) were noted for plagues in LSFS (82-83, 88, 98, 99, 2010) in table 1. Of these six years, three “ratadas” occurred in years of extreme drought in the NEB region (1982, 1983 and 1988) [27,28] and in 1993 been a year of extreme drought with neither ENSO event being identified (table 1). This may be related to the limited availability of natural resources such as food and water in the semi-arid area during the drought, which would have forced these animals to use the floodplains as their shelter. Mares *et al.* [29] claim that animals from semi-arid areas are generally not well anatomically and physiologically adapted to bear the climate conditions which are typical of such periods. These animals could use microhabitats and shelters during drought periods, possibly developing their adaptation mechanisms as a solution in order to offset their physiological deficiencies [30]. The effects of the ENSO on rodents on rodents in the semi-arid regions of South America were discussed in [2,3,4,5,6] and in Australia, Holmgren [4] linked drought periods to “ratadas” and EN events. In turn, Santos [16 and 31] associated years of ENSO events with years of “ratadas” in LSFS. All of the above suggests that, during these very warm periods resulting from ENSO in LSFS semi-arid zones, these mammals seek refuge in the irrigated rice fields due both to the abundance of food and water, and the better temperature conditions. According to Picasso *et al.* [32], rice fields serve as a habitat for wild species and other animals. In turn, Junk [33] describes river and floodplain as systems

which cannot be separated. The LSFS region shows a complete absence of the fauna which feeds on rodents due to the environmental impact. The current plague behaviour possibly reflects a natural phenomenon in this region, and the floodplains would consequently act as a form of protection for the autochthonous fauna of LSFS semi-arid areas –the difference lying in the fact that the river-floodplain relationship was a protective barrier between the plague and the crops before the changes.

In relation to ENSO years, this study has confirmed that 1993 was a neutral year without any ENSO events [20], but it was noted for a severe drought in NEB as well as in LSFS [27, 28]. The results obtained from crossing point between the anomalies for OARs and LSFS were identified as: (a) SOI-LSFS (precipitation) $r < 0$ (1983-MLMAP, 1993-MLMAP, 1999-LMAP, 2005-LMAP, 2009-HMAP and 2010-HMAP) with their respective precipitation levels, tables 1 and 2; (a.1) SOI-LSFS $r > 0$: 1978-HMAP, 1982-MLMAP, 1988-MLMAP and 1998-LMAP; and (b) NR-LSFS with $r < 0$ respectively for each region with data in (1978 and 1982) with (HMAP and MLMAP); and (b.1) NR-LSFS $r > 0$ in years (1983-MLMAP, 1988-MLMAP, 1993-MLMAP, 1998-LMAP, 1999-LMAP, 2005-LMAP, 2009-HMAP and 2010-HMAP respectively in tables 1 and 2.

According to Dos Santos [34], if SOI-LSFS $r > 0$, then there would be precipitation in the NEB region and, conversely, a drought season would occur when NR-LSFS with $r > 0$. However, it is possible for us to confirm HMAP in years with NR-LSFS for $r > 0$ (2009 and 2010). Our suggestion is that this result (HMAP) has to do with the LN event –related to the rainy season in NEB [8,9,10]. A predominance of rats in years with LMAP for years of ENSO events can be confirmed as well.

With the exception of *Rattus spp.* [35], all the other confirmed genera and species identified by this study –in tune with the results obtained in other previous works– are native to the caatinga ecosystem in the NEB region. The genres and species identified in the study area according to the years of rodent outbreaks were: *Holochilus spp.*, *Kerodon rupestris* and *Rattus sp.*[36]; *Orizomys spp* (*Orizomys subflavus*) and *Holochilus sciureus* [37], and *Nectomys sp.*, *Rattus spp.* and *Holochilus sciureus* [16]. *Holochilus sciureus* been autochthonous predominant specie in the LSFS [37]. According to Eiris and Barreto [38] the *Holochilus sciureus* is the most tropical rodent pest in South America. Junk, Bayley and Sparks [39] claim that plenty of organisms colonise these natural ecosystems and adapt to them, equipping themselves to survive during periods of drought. The climatic variability derived from the ENSO event and the movements of small mammal wildlife, as well as the plague of rats, are natural events in NEB. And, in the LSFS floodplains are a geographical zone situated between the coastline and the ‘caatinga’ (semi-arid ecosystem) [40].

It can thus be assumed that PIB floodplain offers far less environment barriers after the environmental changes experienced in LSFS, with the ENSO event coming to exert a much larger influence, which in turn resulted in an increase of rodent outbreaks in the LSFS regions, with the subsequent considerable losses suffered by rice growers.

Finally, this study has shown that in the LSFS (a) whereas rodent outbreaks are a natural occurrence in semi-arid NEB zones, and they appear as a disturbance in floodplains as a result of the climatic condition in the LSFS; (b)

a strong link exists between the temporal scale for the ENSO event and the rodent outbreaks identified in different LSFS spatial scale; (c) in the specific case of the spatial scale examined here, only in one year (1993) was the association between the ENSO event and the “ratadas” not linked to that ENSO event –but severe drought occurred in the NEB region; (d) the temporal scale analysed for rodent outbreaks identifies years of ENSO events with MLMAP (drought), years with LMAP (below average precipitation) and years with heavy rains –HMAP (higher than usual precipitation)– in LSFS. (e) years with strong ENSO events were noted for drought in the NEB region with MLMAP or LMAP. We took into account that other atmospheric events could have been responsible for these climate conditions in the LSFS region throughout these years, and rodent outbreaks may also have been influenced by other environmental phenomena –as it was the case in other South-American semi-arid regions. On the whole, the study confirms the existence of a significant link between rodent outbreaks and years with ENSO, LMAP and MLMAP events in LSFS, and drought in the NEB.

Table 1: Temporal scale for rodent outbreaks and ENSO events.

Plague	EN	LN	n-NEB	LSFS	LSFS mm
1978	weak	-	rainy	HMAP	1.127.4
1982	strong	-	rainy	LMAP	780
1983	strong	weak	drought	MLMAP	484
1988	strong	strong	rainy	MLMAP	475
1993	neutral	neutral	drought	MLMAP	486
1998	strong	moderate	drought	LMAP	998.1
1999	moderate	moderate/strong	rainy	LMAP	1.035.8
2005	weak	weak	rainy	LMAP	1.460.1
2009	moderate	weak	rainy	HMAP	1.711.7
2010	moderate	strong	rainy	HMAP	1.715.6

Table based on [16,21,22,27,28].

Table 2: Correlation analyses between the TSMs of OARs and LSFS.

Years: TSMs/OARs And (r)	n1+2	n3	n4	n34	SOI- LSFS
1978 SOI-NR	-.597*	-.641*	-.315	-.606*	.486
NR-LSFS	-.694*	-.762**	-.302	-.476	
1982 SOI-NR	-.882**	-.862**	.312	-.863**	.171
NR-LSFS	-.432	-.424	-.300	-.359	
1983 SOI-NR	-.109	-.684*	-.720**	-.808**	-.308
NR-LSFS	.256	.163	.196	.141	
1988 SOI-NR	-.569	-.631*	-.742**	-.730**	.026
NR-LSFS	.102	.296	.188	.279	
1993 SOI-NR	-.459	-.257	.222	-.206	-.289
NR-LSFS	.251	.091	-.141	.055	

1998 SOI-NR	-.801**	-.924**	-.905**	-.926**	.133
NR-LSFS	.375	.155	.193	.100	
1999 SOI-NR	.296	-.300	-.776**	-.413	-.681*
NR-LSFS	-.500	.126	.800**	.346	
2005 SOI-NR	-.089	-.269	-.269	-.159	-.187
NR-LSFS	.463	.512	-.092	.213	
2009 SOI-NR	-.402	-.683*	-.716**	-.716**	-.248
NR-LSFS	.527	.118	.003	.006	
2010 SOI-RN	-.691*	-.862**	-.842**	-.880**	-.516
NR-LSFS	.706*	.771**	.757**	.761**	

References

- [1] Aceituno, P. El Niño, the Southern Oscillation, and ENSO: confusing names for a complex ocean-atmosphere interaction. *Bull. Amer. Met. Soc.*, 73, pp. 483-485, 1992.
- [2] Retana, J., Solera, M., Solano, J. *Efecto de la variabilidad climática sobre la Fluctuación poblacional de la rata cañera (Sgmond hispidus) en cañas, Guanacaste*. Taboga: Instituto Meteorologico Nacional Gestion de Desarrollo Hernández Alvarez Ingenio Taboga Manejo de Plagas, pp. 11, 2000
- [3] Lima M., Marquet P.A, Jaksic, F.M. El niño events, precipitation aprrens, and rodent outbreak are statistically associated in semi-arid Chile, *Ecography* 22, pp. 213- 218, 1999.
- [4] Holmgren, M., Scheffer, M., Ezcurra, E. et al. El Niño effects on the dynamics of terrestrial ecosystems. *Review TRENDS in Ecology & Evolution*, (16)2, 2001.
- [5] Jaksic, F.M. The multiple facets of El Niño/Southern Oscillation in Chile. *Rev Chil de Hist Nat*, 71, pp. 121-131, 1998.
- [6] Jaksic, F.M., Lima M. Myths and facts on ratadas: bamboo blooms, rainfall peaks and rodent outbreak in South American. *Austral Ecology*, pp. 2, 2003.
- [7] Alves, J.M.B., Campos, J.N. B., Souza, E.B. de et al. Produção agrícola de subsistencia no Estado do ceará com ênfase aos anos de ocorrência de El Niño e la Niña. *Revista Brasileira de Agromeeteorologia Santa Maria*, (6)2, pp. 249-256, 1998.
- [8] Freire, J.L. M., Lima, J.R.A., Cavalcanti, E.P. Análise de aspectos meteorológicos sobre o Nordeste do Brasil em anos de El Niño e La Niña. *Revista Brasileira de Geografia Física*, (3), pp. 429-444, 2011.
- [9] Bezerra, D., Filho, M.F. G., Servain, J. Avaliação do impacto de eventos climáticos extremos nos océanos Pacífico e Atlântico sobre a estação chuvosa no Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, (26)2, 297-312, 2011.
- [10] Moura, G.B. de A., Aragão, J.O.R. de. Relação entre a precipitação do leste do Nordeste do Brasil e a temperatura dos oceanos. *Revista Brasileira de Engenharia Ambiental*, (13)4, pp.462-469, 2009.

- [11] Melo, J.C. de. O fenômeno El niño e as secas no Nordeste do Brasil. *Raízes*, Ano XVIII, (20), pp. 13-21, 1999.
- [12] CODEVASF____. *Projeto de emergencia: pequenas várzeas - Baixo São Francisco*. Brasília: Ministério do Interior/SIRAC, pp. 3, 1976.
- [13] Estado de Sergipe/Serviço de Extensão Rural/ANCARSE. Plano de ação para os vales úmidos do Baixo São Francisco. *SUVALE/ANCARSE*, Aracaju, 1972.
- [14] Codevasf. Relatório de comissão construída através da determinação 001/83 da 4ª DR, para avaliação de lotes do Projeto Betume Sequeiro: Aracaju, Fev, 1983.
- [15] Codevasf. *Ficha técnica do Perímetro Irrigado Betume*, 1999, Aracaju: SEPRE/CODEVASF. 4ª Superintendência Regional, pp.11, 1999.
- [16] Santos, G.C. *Relação sociedade-natureza e a problemática da infestação de roedores (ratos) em área irrigada cultivada com arroz (Oriza sativa L.) no baixo São Francisco sergipano*. Tesis de Maestría no publicada. Núcleos de Estudos do Semi-Arido-NESA, Universidade Federal de Sergipe: Aracaju, pp.175, 2000.
- [17] Bomfim, Luis F.C., Costa, I.V.G. da; Benvenuti, Sara M. P. Diagnóstico do município de Propriá. *Projeto cadastro da infra-estrutura hídrica do Nordeste- Estado de Sergipe*: Aracaju, 2002.
- [18] NOAA, <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/soi>
- [19] NOAA, <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/ersst3b.nino.mth.ascii>
- [20] NOAA, <http://ggweather.com/enso/oni.htm>
- [21] INMET-CMRHSE, <http://www.agritempo.gov.br/agroclima/sumario?uf=SE>
- [22] ASCONDIR-Estación Meteorológica: Platô de Neópolis. *Dados climáticos mensuales: 1998, 1999, 2005, 2009, 2010*.
- [23] Junio, J. de S.P. *Nova delimitação do semiárido brasileiro*. Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados, pp. 25, 2007.
- [24] Barros, H.O. Monteiro de. Modernização agrícola autoritária e desestruturação do ecossistema: o caso do Baixo São Francisco. *Cad. Est. Soc., Recife*, (1)1, pp. 97-113, 1985.
- [25] Cruz, P.F.N. da. Ocorrências de danos causados por roedores, pragas do cacueiro na Bahia: Brasil. *Revista Theobroma*, 1983.
- [26] Paiva, P.M, Campos E. *Fauna do nordeste do Brasil conhecimento popular*. Banco do Nordeste do Brasil: Fortaleza, 1995.
- [27] Aragão, J.O.R. de. *A previsão da precipitação no norte do nordeste do Brasil para o período chuvoso de fevereiro a maio: os anos: 1997/98*. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente:Departamento de Hidrometeorologia, pp. 4, 1998.
- [28] Souza, I.F. de, Aguiar, N.A. de O. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. *Comportamento da precipitação, pluviométrica durante o período chuvoso em anos de Enos no Estado de Sergipe*. Florianópolis: Anáís Florianópolis/SC, 1999.
- [29] Mares, M.A., Willig, M.R., Lacher Jr., T.E. The Brazilian caatinga in South American zoogeography: tropical mammals in a dry region. *J. Biogeography*, 12, pp. 57-69, 1981.
- [30] Strein, K.E. Ecology of small mammals in the semiarid Brazilian caatinga. V. Agonistic behavior and overview. *Ann. Carnegie Museum*, 51, pp. 345-369, 1982.

- [31] Santos, G.C. Variación y proporción de varianza de (ROA) regiones oceano atmosféricas y (AH) áreas húmedas en años ENOS con o sin ocurrencia de “ratadas”, el caso del (BSFS) Bajo San Francisco Sergipano, (NEB) Nordeste de Brasil. *Revista Digital de Medio Ambiente “Ojeando la Agenda”*, 24, Jul, 2013.
- [32] Tadeo, A.J.P., Martinez, E.R, Estruch, V. Farming efficiency and the survival of valuable agro-ecosystems: A case study of rice farming in European Mediterranean Wetlands. *Open Environmental Sciences*, 3, pp. 42-51, 2009, 1876-3251.
- [33] Junk, W.J., Wantzen, K.M. *The flood pulse concept: new aspects, approaches and applications-an update.*
- [34] Dos Santos, E.P., Filho, I.M.C., De Brito, J.I.B. *Influência do Índice de Oscilação Sul (IOS) e anomalia do niño sobre as chuvas no Nordeste Brasileiro.*
- [35] Moojen. J. *Os roedores do Brasil. Rio de Janeiro*, 1952.
- [36] Elías, D.J. El problema de roedores en el proyecto de riego del bajo San Francisco. *Status e recomendações (informe final)*, 1983.
- [37] Sergipe, Servicio de vigilância sanitária regional de. *Projeto para controle de roedores no Estado de Sergipe*, 1995.
- [38] Eiris, G.C., Barreto G.R. Home range of marsh rats, *Holochilus sciureus*, a rodent pest in rice fields of Venezuela. *Interciencia*, (34)6 jun, pp. 400-404, 2009. versión impresa ISSN 0378-1844.
- [39] Junk, W.J, Barley, P.B.; Spark, E. The flood pulse concept in river-floodplain systems. Symposium. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, pp. 106, 1989.
- [40] Santos, A.F., Andrade, J.A. (coord.). *Delimitação e regionalização do Brasil semi-árido Sergipe*, Aracaju: UFS, 1992.

CAPÍTULO 3

CHARACTERISTICS OF RODENT OUTBREAKS IN THE LOW SAN FRANCISCO SERGIPANO (SERGIPE, BRAZIL) AND INFLUENCE OF ANOMALIES ON SEA SURFACE TEMPERATURE ON TEMPERATURES IN THIS REGION¹⁷

¹⁷ Artículo aceptado para publicación en: International Journal of Design & Nature and Ecodynamcs. Wit Press, 2017.

CHARACTERISTICS OF RODENT OUTBREAKS IN THE LOW SAN FRANCISCO SERGIPANO (SERGIPE, BRAZIL) AND INFLUENCE OF ANOMALIES ON SEA SURFACE TEMPERATURE ON TEMPERATURES IN THIS REGION

G. CRUZ SANTOS¹

¹*Department of Economics and Social Science
Polytechnic University of Valencia, Spain*

ABSTRACT

Construction of the Sobradinho Dam has had a strong environmental impact on the Low São Francisco Sergipano North-East Brazil region. No detailed studies of the floodplain areas were conducted prior to these changes, and there are thus no records of the floristic and faunal diversity extant in this ecosystem before the dam was built. One of the worst consequences in this region has been the onset of rodent outbreaks in rice crops. The climate in NEB is highly variable, and forecasts predict high temperatures in this semi-arid region. Based on the perspective of farmers who have witnessed these environmental changes and their repercussions, the aim of the present study was to determine the specific characteristics of rodent outbreaks, the rat predators present in the region, the floral diversity in cultivated areas prior to the changes, and the influence of anomalies in sea surface temperature on maximum and minimum temperatures in the LSFS in the state of Sergipe between 1978 and 2010, years in which rodent outbreaks occurred.

Keywords: Brazil, floodplain, Low San Francisco Sergipano, rodent outbreaks, “El Niño”, SOI.

1 INTRODUCTION

More than a third of all land mammals are rodents and they play an important role in ecosystems as propagators of seeds and spores, affecting the vegetation structure, according to Witmer [1]. There are about 1700 species of rodents in the world, but only 5-10% of them are categorised as serious pests in agriculture and urban environments [2]. Since the 20th century, rodent outbreaks have aroused the interest of biologists in various parts of the world, due to their singular temporal association with the ocean-atmospheric phenomenon “El Niño-Southern Oscillation” (“ENSO”) [3]. Ali [4] claims that rodent outbreaks are particularly common in southeast Australia, southwest America, and semi-arid regions of sub-Saharan Africa and South America. In the Low San Francisco Sergipano (LSFS) Valley in northeast Brazil (NEB), an area of floodplains where rice is cultivated, rice crops are periodically destroyed by plagues of rats [5,6,7,8]. The onset of crop damage by rats native to this semi-arid NEB region has been associated with the environmental changes that took place in the LSFS in 1978 as a result of the construction of the Sobradinho Dam [7,9,10], and these episodes of rodent outbreaks or “ratadas” have also been associated with ENSO events in the semi-arid regions of different South American countries [11,12].

Changes in natural and agricultural ecosystems alter the ecology of various animals, resulting in uncontrollable phenomena that affect several spheres of human life. Very little information exists on the characteristics of plagues dominated by *H. sciureus* (the Amazonian marsh rat), although rodent outbreaks mostly characterised by this species have been recorded in LSFS rice crops in 1978, 1982, 1983, 1988, 1993, 1998, 1999, 2005, 2009 and 2010, years also characterised by “El Niño” events [13]. In the last year, 2015, had also witnessed an “El Niño” event of great magnitude [14,15], and this has

again coincided with rodent outbreaks in rice-growing areas in the LSFS basin, raising the total number of outbreaks in the region to 11 (eleven) [8]. In this study, we investigated the conditions of the last recorded rodent outbreaks in the LSFS in the 20th century (1999-2000), which coincided with the “El Niño” event of greatest magnitude in that century. The objectives of this study were: (1) to identify the characteristics of rodent outbreaks in the Betume Irrigated Perimeter Betume (“PIB”)/LSFS, in terms of the most vulnerable crop growth stage, the climatic season of highest incidence, and the presence of rodent predators and/or natural enemies in the area; (2) to verify the floral diversity present in the surroundings of the study area; and (3) to analyse the influence of Anomalies in Sea Surface Temperature (SSTs) on maximum and minimum temperatures in the LSFS between 1978 and 2010.

1.1 Study area and data

In the LSFS Valley, NEB the PIB and Propriá are sub-regions characterised by floodplain-river ecosystems with use of the land for rice irrigation systems. The PIB is a floodplain with an average annual temperature of 25.5°C and a mean annual precipitation (MAP) of 1.555 mm. The climate is sub-humid, according to Thornthwait climate classification with two clearly defined seasons, resulting in a wet and relatively dry, and another warm [16,17,18]. In Propriá, the climate is “megathermic”, semi-arid with MAP of 806.01 mm and an average annual temperature of 26.1°C [19]. In order to determine the correlation between the ENSO events, climatic conditions of the LSFS and rodent outbreaks, we analyse the monthly maximum and minimum temperatures in the LSFS between 1978 and 2010 in a range of 10 non-sequential years in the same temporal scale in these two different geographical zones in floodplain areas which had recorded rat plagues. The same spatial and temporal scales were studied by [7]: Propriá and Irrigated Perimeter Betume (“PIB”)-Neópolis. Their maximum and minimum temperatures (MxTp and MinTp) were compared with the respective monthly anomalies for Ocean-Atmospheric Regions (OAR) in the Equatorial Pacific Ocean for the Southern Oscillation Index SOI [20] and Niños Regions (“NR”): n1+2, n3, n4, n34 [21], and categories: North Atlantic (“NATL”), South Atlantic (“SATL”), and TROPICAL Ocean (Category Atlantic Ocean) (CAO) reported by [22]. The most common correlation or predictability measurement, Pearson's correlation coefficient (r), was introduced to assess the monthly precipitation anomalies of LSFS and OAR. The significance of the relationship was expressed in the probability value p at a linear correlation significance level of $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$ (*95% and **99%). The software program, SPSS, version 19.0, was used for the statistical analysis. The comparison between the temporal scale characterised by the ENSO events was checked against the National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA) website [13]. LSFS monthly temperature data were provided by INMET and CMRHSE [23] for the years 1978, 1982, 1983 and 1988 in Propriá 10° 12'49''S and 36° 50'28'' W [19] and for the years 1993, 1998, 1999, 2005, 2009 and 2010 according to database from Ascondir Station in Betume-Neópolis (10° 17' and 10° 24' S and 36° 36' and 35° 45' W [24]. The 63 rice-growers were surveyed about the characteristics of rodent outbreaks in the region, the crop growth stage most vulnerable to the rice cycle, the climatic season of highest incidence, and the presence of rodent predators and/or natural enemies in the area. The most

vulnerable crop growth stage in the rice cycle was observed in two plots in the PIB: 339 (3.8 hectares (ha)) and 341(4.9 ha). We have identified the floral diversity present in the surroundings of this study area between 1999 and 2000 and 2012; we have also analysed the influence of SSTs on maximum and minimum temperatures in the LSFS between 1978 and 2010. In this study, when Pearson correlation coefficient between SOI (MxTp and MinTp), $r < 0$, and NR (MxTp and MinTp), $r > 0$, it is considered as years with average annual high temperature by association with SOI and NR.

2 RESULTS AND DISCUSSION

In this study it was confirmed that, in relation to the most vulnerable crop growth stage, 33.3% of farmers considered that the growth stage presenting the highest incidence of damage was 30-60 days after sowing (tillering/stem elongation), while 17.46% responded that it was at the start of booting, as shown in Table 1.

Table 1: The crop growth stage most vulnerable to rodent damage.

Answer	Absolute Value	%
Between 30-60 days after sowing (tillering /stemelongation)	21	33.33
At the start of booting	11	17.46
From the 15th day after sowing	05	7.94
Between 20 and 30 days after sowing	05	7.94
During tillering	05	7.94
From the sowing	04	6.35
Between 60-70 days after sowing	04	6.35
From the sowing until the harvest	03	4.76
No answer	01	1.59
Sum	63	100

Meanwhile, 7.94% of respondents indicated the following stages: from the 15th day after sowing; between 20 and 30 days after sowing; and during tillering. The sowing stage of the 1999-2000 crop in the PIB/LSFS presented significant variance in damage, with a direct loss in the fields of 40% [25]. Field studies revealed that the period of cultivation most affected by rodent outbreaks with characteristics of *Holochilus sciureus* was during the first 36 days after sowing, with damage to 160 seedlings in plot 339 and 110 seedlings in plot 341. In each plot, plants were cut by rats at the following number of days after sowing: plot 339 at 36, 60 and 106 days, and plot 341 at 36 and 86 days. In Venezuela, [26] found damage to rice crops by *Holochilus sciureus* at 39, 53, 67, 81, 95 and 109 days after sowing. According to [27], rice crops are attacked by rats at all growth stages, but the highest occurrence is during sowing or when the panicle is starting to form, when rats cut the stalks and feed on the developing panicles.

In general, rodents cause serious damage during sowing, and can completely destroy the crop [28]. In rice fields in Venezuela, the damage caused by *Holochilus sciureus* can occur at any stage of development; however, it is greater during flowering and ripening [29], and [26] found a directly proportional relationship between the extent of damage and crop growth stage: from sowing to a maximum of 112 days, there was a higher incidence of damage in the reproductive and grain ripening stages. In Pakistan, 63.9% of damage occurs during the rice development stages, and most damage is caused during ripening, with *Mus sp* causing 1% of damage during rice development, according to Tousif [30]. In the LSFS, observations revealed that the damage occurred in all growth stages, but the highest incidence in both of the plots studied was at 36 days after sowing.

In relation to the season with highest incidence of the rodent outbreaks and predators in the LSFS in years with plague, 44.44% of farmers indicated the rainy season as the period with the highest incidence of the plague, whereas 25.40% indicated the dry season, as shown in Table 2.

Table 2: The climatic season of highest incidence to rodent outbreaks

Answer	Absolute Value	%
Rainfall period	28	44.44
Drought period	16	25.40
During both periods	13	20.63
No answer	04	6.35
It is a climatic phenomenon	02	3.17
Sum	63	100

According to Santos [6], rodent outbreaks in LSFS rice crops coincide with years of ENSO events, which are characterised by drought in the region. In Cañas (Guanacaste, Costa Rica), [31] identified the influence of climate variability on *Sigmodon hispidus* (the hispid cotton rat), whereby maximum peaks in rat population density were associated with decreased minimum temperatures in the region. Contrary to what happens in the LSFS during ENSO years, the rat population in Cañas shows a 4% decrease from usual numbers. In a study of semi-arid areas in Chile, [12] found an association between rodent outbreaks and years with wet ENSO events. As regards rodent predators in the LSFS region, the literature did not contain specific records of the genera or species that may have inhabited the floodplains used for rice cultivation prior to environmental changes in 1978. Nor is there a written record of predators that may have been occasional visitors to the rice fields. Ramos [32] stated that Environmental Impact Studies (EIS) on changes to the LSFS were incomplete and did not consider direct and indirect effects on the floodplain ecosystem. However, 48.91% of farmers cited *Canis lupus familiaris* and 21.74% *Felis catus* as natural rat predators in the region. *Canis l. familiaris* was the only natural predator whose presence it was possible to confirm during field studies and the only reliable means for farmers to combat the rat population in the area (Fig. 1), since as elsewhere rat poison was not

effective [33]. Snakes (order Squamata) were cited by 21.74% as predators present in rice fields before the environmental changes. Other predators reported to have formed part of the local fauna prior to the changes have now disappeared following the environmental impact on the floodplain area. These included *Bubo virginianus* (“Coruja”), cited by 5.43%, and *Elanus leucurus* (“Gavião peneira”), cited by 2.17%. *Procyon cancrivorus nigripes* (“Guaxinim”) was cited by 1.09% and suborder Lacertilia (“Sardão”) by 1.09%.



Figure 1: Dog hunters in the LSFS (1999-2000).

The predators identified by farmers form part of the fauna of semi-arid regions in NEB [34]. Autochthonous rodents in the LSFS are represented by two families, Cricetidae and Cavidae [5,7,10], while Muridae, which is not autochthonous, was introduced into Brazil by maritime traffic, according to Moojen [35]. Found in the LSFS were *Kerodon rupestris*, *Oryzomys subflavus*, *Holochilus sciureus*, *Nectomys sp.* and *Rattus spp.*; of these, *H. sciureus* is the most prevalent species, with a predominant damage characteristic [5,7,10].

2.1. Floral diversity in the PIB

The floral diversity in the study area consisted of 15 genera. The most frequently observed families were: Fabaceae and Poaceae, as shown on observation, on Feb. 1999/2000 and on May 2012: (Amaranthaceae: *Amaranthus sp.* (brede); Anacardiaceae: *Myracrodruon sp.* (aroeira); Boraginaceae: *Cordia sp.* (erva-baleeira); Cyperaceae: *Cyperus sp.* (tiririca); Cyperaceae: *Cyperus sp.* (tiriricão); Fabaceae: *Aeschynomene sp.* (angiquinho); Fabaceae: *Desmodium sp.* (pega-pega); Fabaceae: *Cassia o. L.* (fedegoso); Poaceae: *Brachiaria sp.* (capim braquiaria); Poaceae: *Brachiaria sp.* (capim agulha); Poaceae: *Cymbopogon pp.* (capim santo); Poaceae: *Cenchrus sp.* (carrapicho de carneiro); Pontederiaceae: *Eichhornia sp.* (jacinto d’agua); Rubiaceae: *Borreria sp.* (vassourinha-de-botão); Urticaceae: *Urera sp.* (urtiga vermelha). In Brejo Grande, Ilha das Flores, Neópolis, Santana do São Francisco and Propriá, other areas with floodplains in the LSFS region, Gonçalves et al. [36] found 79 species distributed among 71 genera and 51 botanic families, with a predominance of Mimoseae (seven species), Myrtaceae (six species) and Fabaceae (four species).

Observations indicate that the vegetation structure in the PIB/Betume I/Sector 8 no longer predominantly consists of naturally primitive autochthonous plant cover. Flooded areas are generally dominated by agricultural plant cover and, more specifically, by irrigated rice cultivated for the purpose of economic

production. The effect on the vegetation structure has been to eradicate the native vegetation. The characteristic riparian woodlands located on the banks of the São Francisco River and its tributaries constitute a living memory of the flora that once formed part of these ecosystems. Subsistence farming has covered the “tabuleiros” and “cerrados” (native vegetation) in the highest areas. Drainage and irrigation have led to the loss of natural vegetation cover in favour of rice cultivation. Subsistence agriculture is in evidence around the edges of some plots. In this new structure, land is divided into plots bordered by characteristic artificial corridors. Drainage and irrigation form the basic technological infrastructures of this new agroecosystem model.

2.1.1 Correlation between SSTs and Maximum (Mx) and Minimum (Min) Temperature (Tp) in the LSFS

In Table 3, highly significant negative correlations were found in 1978 between SSTs n1+2/MxTp with high negative values for r (-0.787**), whereas positive values for r with n3/MxTp (0.715**), n3/MinTp (0.591*) and n34/MinTp (0.609*), indicating that maximum and minimum temperatures increased in 1978 influenced by the activities of the SSTs of the n3 and n34 regions.

Table 3: Correlation analysis between SSTs of OAR and temperatures in the LSFS.

SSTs	SOI/ MxTp	SOI/ MinTp	n1+2/ MxTp	n1+2/ MinTp	n3/ MxTp	n3/ MinTp	n4/ MxTp	n4/ MinTp	n34/ MxTp	n34/ MinTp
1978	-0.561	-0.051	0,787 **	0.453	0.715**	0.591*	0.293	0.543	0.430	0.609*
1982	-0.088	0.300	0.335	0.020	0.358	0.021	0.086	0.263	0.320	-0.030
1983	-0.583*	0.585*	0.561	-0.462	0.025	0.162	0.102	0.240	0.221	0.386
1988	0.103	0.031	0.540	0.306	0.237	0.237	0.286	-0.118	0.420	0.021
1993	0.223	0.330	0,700 *	-0.339	-0.670*	-0.189	0.452	0.201	-0.643*	-0.031
1998	-0.627*	-0.820 *	0.165	0.541	0.425	0.761*	0.311	0.672*	0.433	0.795*
1999	0.802**	0.705*	0.415	0.237	0.010	-0.308	-0.809 **	-0.691 *	-0.124	-0.328
2005	-0.274	-0.471	0.271	-0.005	-0.282	0.153	0.446	0.620*	-0.125	0.168
2009	-0.473	0.270	0.281	0.652*	0.800**	-0.486	0.869**	-0.407	0.868**	-0.380
2010	0.193	-0.203	0.497	0.068	-0.310	0.178	-0.398	0.156	-0.312	0.222

*90% **99%.

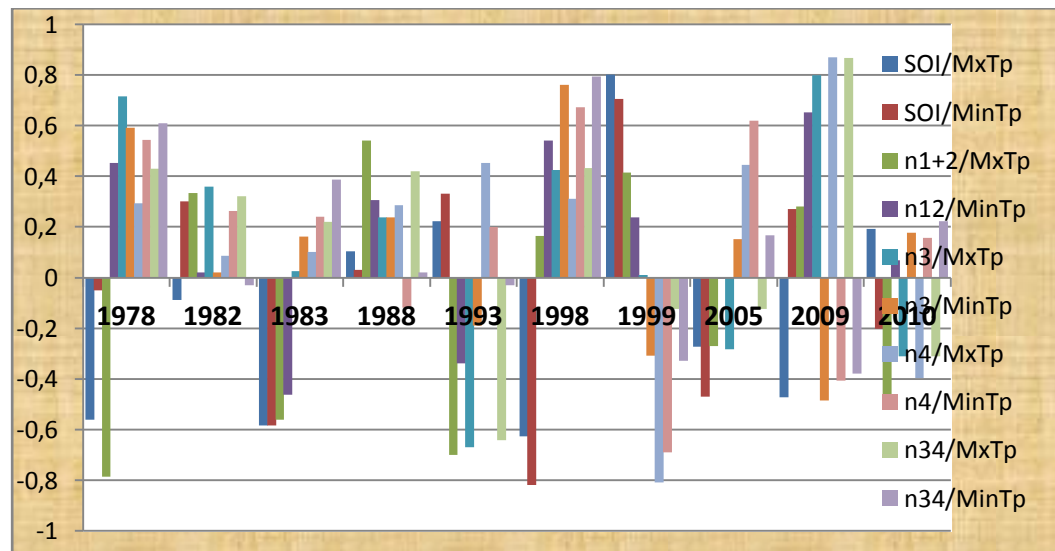
In 1983, strong negative correlations were observed between SOI/MxTp and MinTp (-0.583*; -0.585*); likewise, strong negative associations were found in 1993 between n1+2/MxTp (-0.700*), n3/MxTp (-0.670*) and n34/MxTp (-0.643*).

Like 1983, in 1998, temperatures were increased by correlations between SOI/MxTp (-0.627*) and SOI/MinTp (-0.820**), with a negative r value, and with a positive r value, minimum temperatures were increased with associations between n3/MinTp (0.761**), n4/MinTp (0.672*) and n34/MinTp (0.795*).

In 1999, very high r positive values between SOI/MxTp (0.802**) and SOI/MinTp (0.705*), and strong negative values between n4/MxTp (-0.809**) and n4/MinTp (-0.691*), showing that the OAR produced milder temperatures through a balance (+; -) for the SOI and the n4 lake.

From 1998 onwards, a trend was observed towards an increase in Min/Temp with strong positive correlations between lakes n3/MinTp (0.761**), n4/MnTp (0.672*), and n34/MinTp (0.795*).

In 2005, minimum temperatures rose in association with lake n4 (0.620*), and in 2009, minimum temperatures were increased with positive values for lake n1+2 (0.652), and maximum temperatures for n3 (0.800), n4 (0.869), and n34 (0.868). The years 1982, 1988 and 2010 were characterised by the absence of significant correlations between SSTs and temperatures in the LSFS (see graphic representation in Graphic 1).



Graphic 1: Graphic representation correlation (Table 3).

As regards the Atlantic categories and the associations between SSTs and maximum and minimum temperatures in the LSFS, as shown in Table 4, in 1978 the Tropical Atlantic induced a rise in minimum temperatures with a strong and positive r value (0.608*); the same thing occurred in the SATL category in 1982, with a positive r value (0.757**). In 1983, maximum and minimum temperatures tended to increase the very significant positive r correlations to SATL (0.807**; 0.680*). In 1993, a positive r value (0.720**) indicated that SSTs in NATL contributed to an increase in maximum temperatures that year. In 1998, strong positive associations were observed between SATL/MinTp (0.501*) and TROPICAL/MnTp (0.629*), and in 1999, maximum and minimum temperatures maintained a balance with strong positive-negative correlations for the MxTp/MinTp SATL category (0.682*; -0.722**).

Table 4: Correlation analysis between SSTs of CAO (NATL/SATL/TROPICAL) and temperatures in the LSFS.

SSTs/Years	NATL/MxTp	NATL/MinT	SATL/MxTp	SATL/MinTp	Trop/MxTp	Trop/MinT
1978	0.275	0.048	-0.076	0.125	0.483	0.608*
1982	-0.423	-0.064	0.425	0.757 **	0.213	0.059
1983	0.301	0.089	0.807**	0.680*	0.071	0.152
1988	-0.294	-0.479	-0.395	-0.347	0.357	0.068
1993	0.720	0.112	0.407	-0.079	-0.342	-0.077
1998	-0.549	-0.402	-0.023	0.501*	0.240	0.629 *
1999	-0.411	-0.369	0.682**	-0.722**	0.027	-0.206
2005	-0.035	0.410	0.756**	0.606*	0.367	0.751*

2009	0.750**	-0.347	-0.364	0.631*	0.789**	-0.525
2010	-0.395	-0.471	-0.395	-0.021	-0.386	-0.001

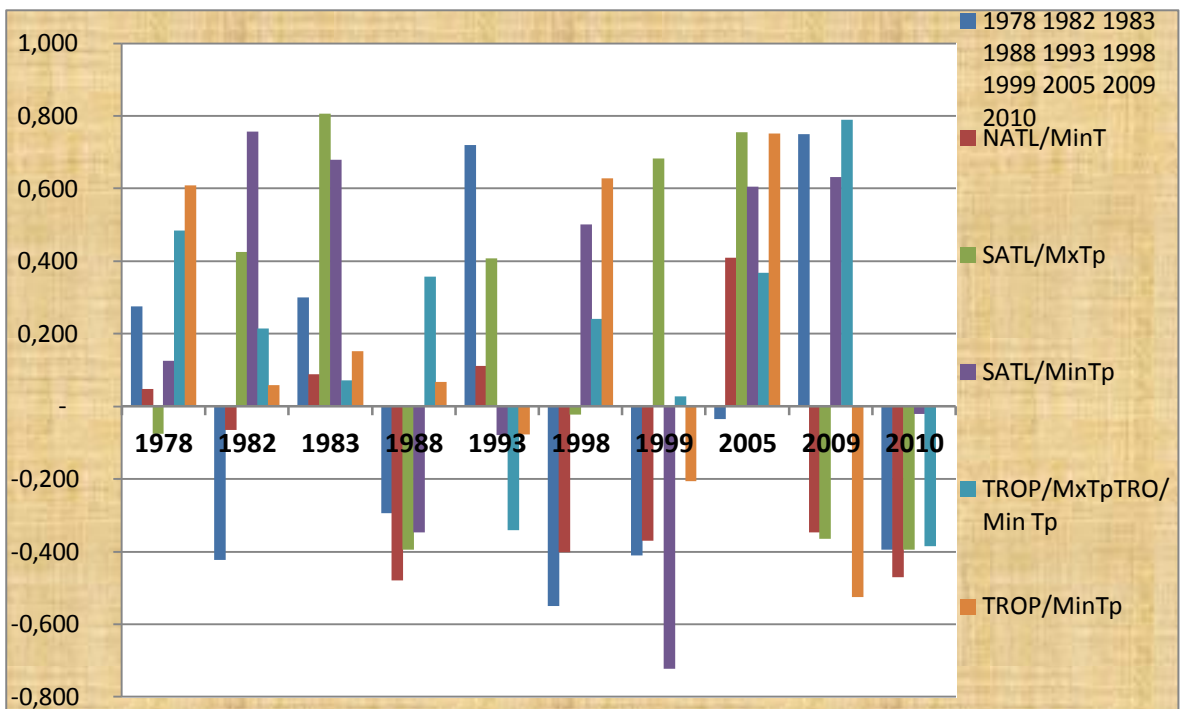
*90% **99%

In the last decade in the LSFS, maximum and minimum temperatures rose in 2005, influenced by the activities of the SSTs of the SATL, with r positive (0.756**; 0.606*) and of the TROPICAL also influenced in this region with a strong positive r value for TROPICAL/MinTp (0.751*). In 2009, the NATL and the TROPICAL caused an increase in maximum temperatures (0.750**; 0.789**), with strong positive values for r , and the SATL/MinTp with r (0.631*), raising minimum temperatures.

In 1988 and 2010, in the Category: Atlantic Ocean NATL, SATL and TROPICAL - as with the OAR, the “El Niño” lakes and SOI - no significant correlations were observed between SST anomalies and temperature conditions in the LSFS.

In the period studied, a trend was observed in “Niño lakes” n3 and n34 in 1978, in n3, n4 and n34 in 1998, and in n1+2 in 2009, raising minimum temperatures; meanwhile, n3 in 1978, and n3, n4 and n34 in 2009, showed a raising in maximum temperatures. The SST anomalies/SOI contributed with an increase to maximum and minimum temperature in 1983 and 1998 and a decrease in maximum and minimum temperatures in 1999 in the LSFS.

Atlantic categories contributed to an increase in maximum and minimum temperatures in the LSFS with strong positive correlations for the years (78, 82, 83, 93, 98, 2005, 2009), and with an increase in positive values in 2009 in the last decade (see graphic representation in Graphic 2).



Graphic 2: Graphic representation correlation (Table 4).

It can be inferred that in years characterised by an “El Niño” event, there is a tendency for maximum and minimum temperatures in the LSFS to rise. The “El Niño” and “La Niña” contribute to an increase (decrease) in temperatures in the NEB region [37]. According to [7], the period 1978-2010 was largely

characterised by years of drought or low rainfall in the LSFS and by ENSO events. Forecasts for the climate in NEB until the end of the present century predict a 15-20% reduction in rainfall and a 2°C to 4°C increase in temperatures. Semi-arid areas with a greater water deficit are expected to suffer an increase of 3°C or more in average temperatures, and there is a greater possibility of drought in the semi-arid region of NEB. Studies of summer seasons in Paraíba (NEB) between the years 1963 and 1999, inclusive, indicated an increase in maximum temperatures in almost all the micro-regions in this province, except in the *agreste* zone [38]. The PIB is a floodplain characterised as a micro-region of the *agreste* zone in Sergipe; meanwhile, Propriá is a semi-arid region. As stated in [39, 40], rice fields serve as a habitat for wild species and other animals, and rivers and floodplains as systems which cannot be separated.

3 CONCLUSION

According to farmer have identified the most vulnerable crop grow stage to rodent damage was between 30-60 days after sowing, and the rainfall period the climatic season of highest incidence to rodent outbreak on contrary ours observations. The *Canis familiaris* was the only natural predator whose presence it was possible to confirm during field study, and nowadays it is the only reliable means for farmers to combat the rat population in the area. The most frequently observed families floral diversity in the PIB were Fabaceae and Poaceae.

This study identifies a much larger influence of SSTs on temperature in the LSFS related to the association with SOI, n4 lake and the SATL ocean. Finally, in the period studied between 1978-2010, a trend was observed: there is an equilibrium between correlations of Southern Oscillation Index and SSTs of “Niños Regions” in relation to maximum and minimum temperatures in the LSFS, meanwhile, in the SSTs of Tropical Ocean (Category Atlantic Ocean) there is a trend towards an increase on the maximum and minimum temperatures in the LSFS, with strong positive association.

References

- [1] Witmer, G.W. 2004. Rodent ecology and plague in North America. in: Proceedings of the 1 gth International Congress of Zoology. China Zoological Society, Beijing, China, pp. 154-156, 2004.
- [2] Stenseth, N.C., Leirs H., Skonhøft, A. et al. Mice and rats: the dynamics and bioeconomics of agricultural rodents pests. *Front Ecol Environ* 1(7), 2003.
- [3] Aceituno, P. El Niño, the Southern Oscillation, and ENSO: confusing names for a complex ocean-atmosphere interaction. *Bull. Amer. Met. Soc.*, 73, pp. 483-485, 1992.
- [4] Ali, M.S., Kamal, N.Q., Hasanuzzaman, A.T.M. et al. Bamboo flowering, rodent outbreaks and food security: rodent ecology, pest management, and socio-economic impact in the Chittagong, Hill Tracts, Bangladesh, 2008.
- [5] Sergipe, Servicio de vigilância sanitária regional de. *Projeto para controle de roedores no Estado de Sergipe*, 1995.
- [6] Santos, G.C. Variación y proporción de varianza de (ROA) regiones oceano atmosféricas y (AH) áreas húmedas en años ENOS con o sin ocurrencia de

- “ratadas”, el caso del (BSFS) Bajo San Francisco Sergipano, (NEB) Nordeste de Brasil. *Revista Digital de Medio Ambiente “Ojeando la Agenda”*, 24, Jul, 2013.
- [7] Santos, G.C. Environmental changes and temporal distribution of order Rodentia in North-East Brazil (NEB), and its link to the El Niño Southern Oscillation (ENSO) and drought in the region. In: *Ecosystems and Sustainable development*, WIT Transactions on Ecology and The Environment, 192, pp. 33-41, 2015.
- [8] Ratos ameaçam produção de arroz em SE, URL: <http://destaquesdoserido.blogspot.com.es/2015/05/ratos-ameacam-producao-de-arroz-em-se.html>. [cited 30 May 2015].
- [9] Barros, H.O. Monteiro de. Modernização agrícola autoritária e desestruturação do ecossistema: o caso do Baixo São Francisco. *Cad. Est. Soc., Recife*, (1)1, pp. 97-113, 1985.
- [10] Santos, G.C. *Relação sociedade-natureza e a problemática da infestação de roedores (ratos) em área irrigada cultivada com arroz (Oriza sativa L.) no baixo São Francisco sergipano*. Master. Dissertation, Núcleos de Estudos do Semi-Arido-NESA, Universidade Federal de Sergipe: Aracaju, pp.175, 2000.
- [11] Jaksic, F.M. The multiple facets of El Niño/Southern Oscillation in Chile. *Rev Chil de Hist Nat*, 71, pp. 121-131, 1998.
- [12] Lima M., Marquet P.A, Jaksic, F.M. El niño events, precipitation aprrens, and rodent outbreak are statistically associated in semi-arid Chile, *Ecography* 22, pp. 213- 218, 1999.
- [13] NOAA, URL: <http://ggweather.com/enso/oni.htm> [cited 30 May 2015].
- [14] NOAA, URL: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml [cited 30 May 2015].
- [15] FranceTVinfo, URL: <http://geopolis.francetvinfo.fr/el-nino-une-perturbation-climatique-de-grande-intensite-annoncee-pour-cet-hiver-80897> [cited september 2015].
- [16] Estado de Sergipe/Serviço de Extensão Rural/ANCARSE. Plano de ação para os vales úmidos do Baixo São Francisco. *SUVALE/ANCARSE*, Aracaju, 1972.
- [17] Codevasf. Relatório de comissão construída através da determinação 001/83 da 4ª DR, para avaliação de lotes do Projeto Betume Sequeiro: Aracaju, Fev, 1983.
- [18] Codevasf. *Ficha técnica do Perímetro Irrigado Betume*, 1999, Aracaju: SEPRE/CODEVASF. 4ª Superintendência Regional, pp.11, 1999.
- [19] Bomfim, Luis F.C.; Costa, I.V.G. da; Benvenuti, Sara M.P. Diagnóstico do município de Propriá. *Projeto cadastro da infra-estrutura hídrica do Nordeste- Estado de Sergipe*: Aracaju, 2002.
- [20] NOAA, URL: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/soi> [cited september 2015].
- [21] NOAA, URL: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/ersst3b.nino.mth.ascii> [cited september 2015].
- [22] NOAA, URL: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/sstoi.atl.indices> [cited september 2015].

- [23] INMET-CMRHSE, URL: <http://www.agritempo.gov.br/agroclima/sumario?uf=SE> [cited september 2015].
- [24] ASCONDIR-Estación Meteorológica: Platô de Neópolis. *Dados climáticos mensuales: 1998, 1999, 2005, 2009, 2010*.
- [25] Santos, G.C. Variación de daños provocados por ratas en arrozales del Bajo San Francisco Sergipano (BSFS). *Revista Digital de Medio Ambiente "Ojeando la Agenda"*, 23, May, 2013.
- [26] Ramón, L.M.F. *Comportamiento poblacional de la rata arrocera Holochilus sciureus (Rodentia: Cricetidae) en una unidad de producción de arroz del Estado Portuguesa*. Tesis Doctoral. Universidad Central de Venezuela, Maracay, 2012.
- [27] Cheaney, R.L.Y., Jennings, P.R. Problemas en cultivo de arroz en América Latina. Colombia, CIAT. Cali, 1975.
- [28] Ordoñez, Y.J.C. *Evaluación de características agronómicas de cuatro líneas interespecíficas de arroz (Oriza Sativa/Oriza Latifolia) comparadas con dos variedades comerciales y una específica en el corregimiento #8 de Zacarías municipio de Buenaventura*. Universidad del Pacífico Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, 2008.
- [29] Poleo, J.C., Mendonza, J.R. Actividad reproductiva de la rata arrocera (*Holochilus sciureus*) en siembras de arroz del sistema de riego río Guárico, Clabozo, Estado Guárico. *Fundación para la Investigación Agrícola DANAC*, 2004.
- [30] Tousif, S.B. Feeding patterns of rodents damaging rice and wheate fields in Sindh Pakistan. Doctoral. Dissertation, philosophy in zoology. Dept., Zoology Univ., Karachi 261, 2006.
- [31] Retana, J., Solera, M., Solano, J. *Efecto de la variabilidad climática sobre la Fluctuación poblacional de la rata cañera (Sgmond hispidus) en cañas, Guanacaste*. Taboga: Instituto Meteorologico Nacional Gestion de Desarrollo Hernández Alvarez Ingenio Taboga Manejo de Plagas, pp. 11, 2000.
- [32] Ramos, V.O.C. *Pesca Pescadores e políticas públicas no Baixo São Francisco Sergipe-Brasil. Tesis de Maestría publicada*. Núcleos de Estudos do Semi-Arido-NESA, Univ., Federal de Sergipe: Aracaju, 1999.
- [33] Eiris, G.C., Barreto, G.R. Barreto. Home range of marsh rats, *Holochilus sciureus*, a rodent pest in rice fields of Venezuela. *Inter. INCI* v.34 n.6 Caracas jun, 2009. versión imprenta ISSN 0378-1844.
- [34] Paiva, P.M, Campos E. *Fauna do nordeste do Brasil conhecimento popular*. Banco do Nordeste do Brasil: Fortaleza, 1995.
- [35] Moojen. J. *Os roedores do Brasil. Rio de Janeiro*, 1952.
- [36] F.B.Gonçalves, Santos, L.G.da C., Ribeiro, L.F., Araújo-Filho, R.N., et al. Levantamento florístico realizado na margen direita do Baixo curso do rio São Francisco no Estado de Sergipe, Brasil. Sociedade de Ecologia do Brasil, VIII CEB, *Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu*, MG– 23 a 28 de Setembro de 2007.
- [37] Guimarães, D.P., Reis, R.D. Impactos do fenômeno Enos Sobre a temperatura no Brasil. *Revista Espinhaço* 1(1) p. 34-40, 2012.
- [38] Marengo, J.A. Impactos das mudanças climáticas no bioma caatinga e na desertificação do semi-árido. Ministério de Ciência e Tecnologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, ca.2008.

- [39] Tadeo, A.J.P., Martinez, E.R, Estruch, V. Farming efficiency and the survival of valuable agro-ecosystems: A case study of rice farming in European Mediterranean Wetlands. *Open Environmental Sciences*, 3, pp. 42-51, 2009, 1876-3251.
- [40] Junk, W.J., Wantzen, K.M. *The flood pulse concept: new aspects, approaches and applications-an update.*

CAPÍTULO 4

VARIACIÓN DE DAÑOS PROVOCADOS POR RATAS EN ARROZALES DEL BAJO SAN FRANCISCO SERGIPANO (BSFS)¹⁸

¹⁸ Artículo aceptado y publicado: Santos, G.C. Variación de daños provocados por ratas en arrozales del Bajo San Francisco Sergipano (BSFS). *Revista Digital de Medio Ambiente "Ojeando la Agenda"*. 23: 1-24 May, 2013.

VARIACIÓN DE DAÑOS PROVOCADOS POR RATAS EN ARROZALES DEL BAJO SAN FRANCISCO SERGIPANO (BSFS)

Gedália Cruz Santos

Licenciada en Ciencias Biológicas (Universidade Federal de Sergipe (UFS)/Brasil Máster en Desarrollo y Medio Ambiente-Concentración de Áreas Semiáridas (NESA/UFS/Brasil)

Doctoranda en Economía Agroalimentaria y del Medio Ambiente (UPV) Universidad Politécnica de Valencia/España

RESUMEN

Después del trigo, el arroz es el cereal más cultivado a nivel mundial y Brasil es el mayor productor de América Latina. El cultivo del arroz es quizá el que más sufre por la plaga de ratas, y el análisis del proceso que envuelve los daños causados por roedores en el campo es poco estudiado. A modo general, hay ciertos vacíos con relación a los estudios sobre la ocurrencia de daños en las fases del ciclo del cultivo en el campo. Las dificultades en este tipo de estudios son de tipo técnico y de orden cultural. En los humedales cultivados con arroz en el BSFS, la presencia de una plaga cíclica de ratas, causa daños en los cultivos, con graves repercusiones económicas en el campo. En este estudio se verifica la variación de daños provocados por ratas en el ciclo de cultivo del arroz (*Oriza sativa* L.) en áreas del Perímetro Irrigado Betume (PIB)/Neópolis/BSFS/1999-2000, a partir de los resultados de daños en el campo obtenidos conforme (Santos, 2000). El método utilizado es el análisis de varianza a través del programa SPSS (ANOVA). Se obtuvo la información sobre las medias de los grupos determinados y la significancia por el método de diferencia de Tukey. La variación más significativa de daños ocurrió en la “siembra” (fase vegetativa), en el estado de plántula.

Palabras clave: BSFS, plaga, ratas, arroz, varianza.

Damage variation for rats rice cultivate in the Low San Francisco Sergipano (LSFS)

ABSTRACT

After wheat, rice is the most cultivated cereal in the world, and Brazil is the largest producer in Latin America. The rice, which is perhaps the cultivation most affected by the plague of rats and the analysis of the process that involves damage caused by rodents in the field is poorly studied. Generally, there are some gaps of information about the study related to the occurrence of damage to the crop cycle. Difficulties about this kind of study can be classified as of technical type and of cultural order. In the floodplains of rice agriculture located in the LSFS a cyclic plague of rats has damaged the rice cultivation with serious economic repercussions in that area. This study verifies the variation of damage caused by rats in the cycle of cultivation of rice (*Oryza sativa* L.) in the fields of Irrigated Perimeter Betume (IPB)/Neopolis/BSFS/1999-2000, through results of damages in the field according to (Santos, 2000). The method used was analysis of variance using SPSS (ANOVA). We obtained the information about the average of groups, and the significance of the difference method of Tukey. The results have identified the most significant variability damage occurs during the “seedling” stage.

Key words: BSFS, plague, rats, rice, variance.

Variação de danos provocados por ratas em rizicultura do Baixo São Francisco Sergipano (BSFS)

RESUMO

Depois do trigo, o arroz é o cereal mais cultivado no mundo, e o Brasil é o maior produtor de América Latina. A cultura do arroz, talvez, seja a que mais sofre pela praga de ratos, e a análise do processo que envolve os danos causados por roedores no campo é pouco estudado. Geralmente, os estudos relacionados com a ocorrência de danos nas fases do ciclo do cultivo no campo é marcado por algumas lacunas. As dificuldades para este tipo de estudo são do tipo técnico e cultural. Na rizicultura das várzeas do BSFS, a presença de uma praga cíclica de ratas causa danos nos cultivos, com graves repercussões econômicas no campo. Neste estudo se verifica a variação de danos provocados por ratos no ciclo do cultivo de arroz (*Oriza sativa* L.) em áreas do Perímetro Irrigado Betume (PIB)/Neópolis/BSFS/1999-2000, a partir dos resultados de danos no campo obtidos conforme (Santos, 2000). O método utilizado foi o análise de variância através do programa SPSS (ANOVA). Se obteve a informação sobre as médias dos grupos determinados, e a significância, pelo método de diferencia de Tukey. A variação mais significativa para os danos ocorreu durante a “sebra” (fase vegetativa), estágio de muda.

Palavras-chave: BSFS, praga, ratos, arroz variância.

1. INTRODUCCIÓN

Después del trigo, el arroz es el cereal más cultivado a nivel mundial, siendo Brasil el mayor productor de América Latina y el primero entre países no asiáticos (FONAIAP, 1982). El análisis del proceso que envuelve los daños provocados por ratas en el campo está muy poco estudiado. De modo general, las pérdidas se consideran inevitables y comunes, sin realizar esfuerzos en el sentido de identificar, e investigar medidas de control que tengan como base la biología de las especies. Las dificultades para este tipo de estudios son de orden técnico y cultural (Taylor, 1972).

Diversos cultivos sufren por la acción de las ratas, y a ejemplo de ello, el cultivo de la caña dulce durante su fase de crecimiento, en la que las ratas roen sus entre nodos. Las pérdidas por la destrucción en los cultivos del coco se

comparar al ataque por estos animales a los cultivos de arroz. Otros cereales como el trigo y la cebada, también sufren con la plaga de ratas. En el cultivo del maíz, del sorgo, del palmito (*Euterpe edulis*) y del café, también se producen daños muy significativos. Otros cultivos como el té, el cacao (*Theobroma cacao* L.), la seringueira (*Hevea brasiliensis*) también presentan daños constantes ocasionados por estos pequeños mamíferos (Taylor, 1972). En términos económicos en el mundo, las pérdidas en granos causadas por los roedores, representan cifras muy elevadas y son incalculables los perjuicios registrados todos los años (Roedores, 1997). En la mayoría de las regiones productivas del mundo, los roedores constituyen la mayor plaga de los cultivos de arroz (Eliás, 1983). En la comunidad de Lao, Democratic Republic (PDR), 80% de las áreas cultivadas con arroz sufren daños por plaga de ratas (Schiller, Boupfa and Bounnaphol, s.d.). Cada año, 200 millones de alimentos que servirían para alimentar al continente asiático, es consumido por la acción de las ratas (Singleton, 2003). En la región nordeste de la India, durante el florecimiento de la *Melocanna baccifera* (Bambusaceae), cada 50 años, el fenómeno de la plaga de ratas provoca grandes pérdidas en los campos asiáticos cultivados con arroz (Sarma, 2009). En el BSFS, región nordeste de Brasil (NEB), en los arrozales cultivados en las áreas húmedas, la plaga de ratas presenta una tendencia de “variación cíclica”, entre los años 1978-2010.

En Brasil, de modo general, los estudios encontrados sobre roedores se relacionan con los aspectos biológicos, sistemáticos, estudios sobre población, ecología, y reproducción. Estudios específicos sobre plaga de ratas, con respecto a su ocurrencia en el ciclo del cultivo en el campo, a menudo, están poco estudiados (Santos, 2000).

Desde el año 1978, en el BSFS/Sector 8/PIB, los perímetros irrigados con el cultivo del arroz en áreas húmedas, sufren con plaga de ratas. La ocurrencia de la plaga se da a una escala temporal de “variación cíclica” (Eliás, 1983; Sergipe, 1995; Santos, 2000). La incidencia de los daños en el ciclo del cultivo del arroz ocurre desde la siembra hasta la fase reproductiva, y según los agricultores del PIB, la mayor ocurrencia de daños es puntualmente durante la fase reproductiva en la etapa del “embuche” (Santos, 2000). El problema de la

plaga de ratas, fue estudiado por primera vez por (*Ibidem*) con un enfoque del punto de vista ambiental, relacionando el problema con alteraciones sufridas en el agro ecosistema de humedal, por la construcción de la presa de Sobradinho. E identificó que la escala de ocurrencia de la plaga coincide con la presencia del evento “El Niño”. No hay estudios sobre la varianza de los daños en el ciclo del cultivo del arroz en el PIB.

Usando los resultados de datos no publicados, según (Santos, 2000), (plantas afectadas con daños/m² por las ratas en el Sector 8/PIB), este estudio investiga la varianza de estos daños en las fases del ciclo del cultivo de arroz *Oriza sativa* L. El estudio hace un re-análisis, usando el test de varianza sobre los resultados absolutos del número de plantas afectadas con daños. La investigación del trabajo de campo realizada en el Sector 8/PIB I/BSFS abarcó los años 1999/2000. Durante la cosecha del año 1999/2000, la pérdida directa en el campo fue de un 40%, como resultado de la acción de las ratas (*Ibidem*). Este estudio tiene por objetivo analizar estadísticamente el comportamiento de la plaga de ratas con relación a la variación de los daños en las fases del ciclo del cultivo del arroz *Oriza sativa*. L., y entre las parcelas afectadas, en la cosecha de 1999/2000/Sector 8/PIB I/BSFS.

En este trabajo, el término unidad y parcela significan lo mismo, es decir, área de tierra en (ha), cultivada con arroz (parcela: terminología regional). Los grupos identificadas como fases con daños a partir de los resultados en el ciclo del cultivo están descritos en las tablas como: fase de Siembra: Siembra; fase Vegetativa: Veg; fase de Madurez: Madurez, y Fase Reproductiva: Reprod.

Para el término siembra se consideró la terminología práctica usada por los agricultores locales, como desde el proceso de colocar las semillas en el suelo hasta el estado de plántula (“muda”), en su vocabulario regional. El término sirve para que los agricultores diferencien el período anterior y posterior al trasplante de las plántulas a las parcelas. A partir del trasplante a las parcelas, los agricultores (“rizicultores”) pasan a denominar fase vegetativa del ciclo. Este punto, concedido en (entrevista a Guilherme Rocha-Técnico Emdagro/Betume, en mayo/1999), en este estudio seguimos el mismo criterio.

De acuerdo con (Ferreira, 1998), el sistema de cultivo de arroz usado en el BSFS es del tipo “transplante de mudas”. Las plántulas alcanzan el tamaño adecuado para el trasplante en torno de 25 días después de la emergencia de estado de plántula (*Ibidem*). Los primeros daños evidenciados por Santos (2000) ocurrieron a los 33 días contados a partir de la siembra (lanzamiento de los granos al suelo). Con el trasplante a los 36 días.

Debido a la importancia económica y cultural del cultivo del arroz en el BSFS, la comprensión de la varianza de los daños en las fases del cultivo del arroz, con identificación de la mayor incidencia en las mismas, posibilitará el desarrollo de medios de control a ser aplicados durante el ciclo del cultivo, en años de ocurrencia de plaga de ratas.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo de campo fue realizado en los humedales del municipio de Neópolis, en 11 unidades de cultivo de arroz, en el Sector 8 de la “Várzea Betume” (PIB I) (**Fig. 1**), provincia de Sergipe, región Nordeste de Brasil. El PIB, está localizado a la orilla derecha del río San Francisco, a 35 Km de su desembocadura (Codevasf, 1999). Geográficamente sus coordenadas son 10° 26' 8" de latitud sur, y 36 ° 32'23" de longitud W (Codevasf, 1995). El clima en el municipio de Neópolis es del tipo megatérmico de Thorntwit, seco y sub-húmedo, con temperaturas medias anuales de 26°C y su precipitación media anual de 1.200, 0mm. El período lluvioso es de Marzo a agosto. El relieve en estas áreas se presenta en forma de llanura “litoranea”, con llanura fluvial y “tabuleros costeros”. Los suelos son podzólicos rojos amarillos, hidromórficos y aluviales eutróficos, con vegetación higrófila, “campos limpos”, “campos sujos”, “capoeira” y “caatinga” (SERGIPE-SEPLANTEC SUPES 1997, SERGIPE- SEPLANTEC SUPES, 2000; Bomfim et al. 2002).

Los datos del análisis verificado en este estudio son los obtenidos por (Santos, 2000, pp. 118 y 119) (anexo): daños por número de plantas afectadas por las ratas, en dos unidades de área (ha) (339, 341). El muestreo observado consta de 11 parcelas con cultivo de arroz en el Sector 8/Betume (PIB I) BSFS. El área estudiada fue seleccionada a través de una muestra aleatoria según

sorteo realizado por (Emdagro, 1999), plantío-cosecha, año 1999/2000. Las parcelas del área de estudio, en el Sector 8/Betume I/PIB poseen numeración propia, permanente y definida por Emdagro (Santos, 2000). El área fue dividida en tres sub áreas conforme se describe abajo, donde los daños tan sólo ocurrieron en dos unidades de la sub área I según el muestreo seleccionado: 339 y 341.

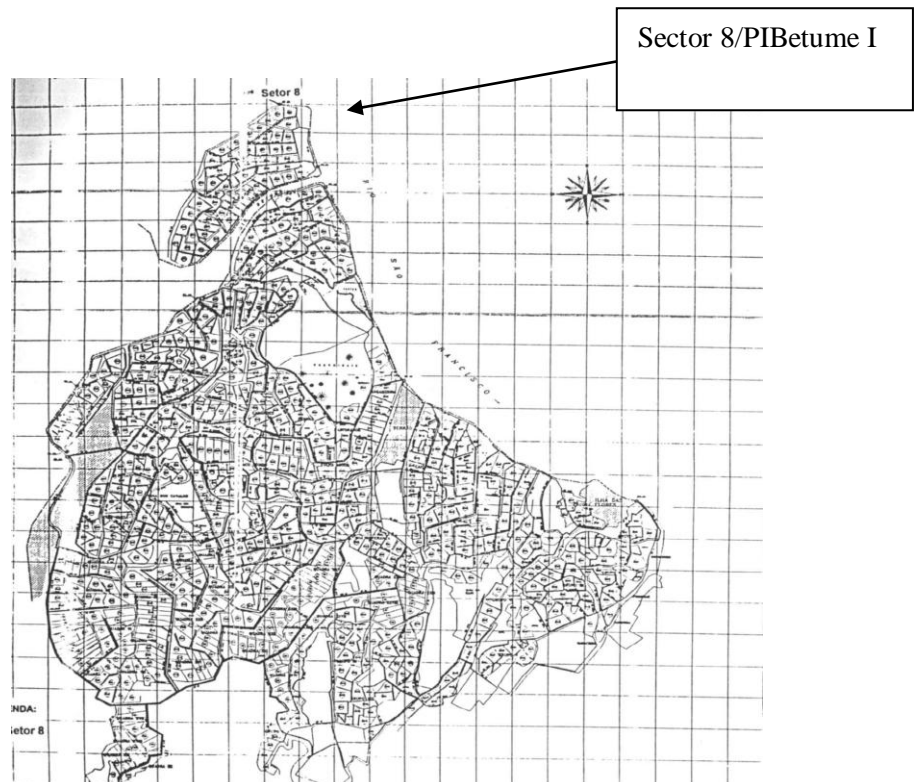


Figura 1: Planta general del Perímetro de “Rizicultura” Irrigada Betume (PIB), con vista del Sector 8 (Betume I). (Codevasf, 1998. Esc. 1/15.000. Reducido).

1) Sub área I con 4 parcelas: (332/3,6 ha); (338/4,8 ha); (339/3,8 ha) y (341/4,9).

2) Sub área II con 4 parcelas: (342/3,7 ha); (343/7,4 ha); (359/ 3,0 ha) y (754/2,4 ha).

3) Sub área III con 3 parcelas (336/3,5 ha); (368/3,0 ha); (370/3,5 ha).

El estudio aplica un análisis de varianza para los resultados obtenidos conforme (Santos, 2000), en las unidades 339 y 341 (anexo). Para el análisis de estadística se usó el programa SPSS (ANOVA). El análisis de varianza es un procedimiento estadístico con el objetivo de comparar medias de $k > 2$ muestras (Xavier *et al.*, 2003). El análisis de varianza es casi fundamenta para todas las aplicaciones de la Estadística y la Biología y constituye el método más general en la comprobación, tanto para dos muestras, como para muchas. Además, el análisis de varianza es elemental cuando se desea discernir la naturaleza de la variación de los acontecimientos naturales (Sokal y Rohlf, 1997). De acuerdo con (Spiegel, 1991) el análisis de varianza tiene por objetivo contrastar la significación de diferencias entre medias muestrales. En el caso de este estudio, la comparación de medias para el caso observado corresponde a que el número de grupos k equivale a las clases definidas a partir de las fases del ciclo del cultivo identificadas con daños, correspondiente a $k=3$ y $n=22$, para la parcela 339, y siendo que $k=2$, con $n= 18$ en la parcela 341. En un análisis de varianza tan sólo se obtiene información sobre el resultado global de las medias con relación a las clases (Xavier *et al.*, 2003). Rechazando la hipótesis nula para la comparación de las muestras en el control de la tasa de error, se usó la aplicación del test de Tukey para comparar la diferencia de las medias muestrales. De acuerdo con (Merino, 2002), Tukey es uno de los métodos de mayor aceptación en la comparación de diferencia de las medias muestrales en el estudio del análisis de varianza. Los resultados fueron descritos en tablas y diagramas, con sus respectivos comentarios.

3. RESULTADOS

3.1. Estudio de la frecuencia de los daños

3.1.1. Comparación entre fases en la Parcela 339

En la tabla 1 se encuentran los estadísticos descriptivos de los daños por fases en la parcela 339. Para comparar la frecuencia de los daños entre las fases se ha aplicado el Análisis de varianza. Los resultados indican que existen diferencias en el número de daños en función de la fase [$F(2, 19) = 97,16; p =$

0,000]. Las comparaciones de daños entre pares de fases (tabla 2) realizadas por el método de Tukey, indican que el número de daños es mayor en la fase de siembra (etapa de plántula), que en la fase vegetativa y que en la fase de madurez (Ver fig. 2).

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de los daños por fases en la parcela 339.

Fase	N	M	DT	Error típico	IC para la media al 95%	
					LI	LS
Siembra (plántula)	4	40,00	0,00	0,00	40,00	40,00
Veg	9	10,33	4,64	1,55	6,77	13,90
Madurez	9	12,22	3,42	1,14	9,59	14,85
Total	22	16,50	11,92	2,54	11,22	21,78

Tabla 2. Comparaciones de daños entre pares de fases en la parcela 339.

Fase	Fase	Dif	ET	Sig.	IC al 95%	
					LI	LS
Siembra (plántula)	Veg	29,667*	2,25	0,000	23,96	35,37
	Madurez	27,778*	2,25	0,000	22,07	33,49
Veg	Siembra	-29,667*	2,25	0,000	-35,37	-23,96
	Madurez	-1,889	1,76	0,542	-6,37	2,59
Madurez	Siembra	-27,778*	2,25	0,000	-33,49	-22,07
	Veg	1,889	1,76	0,542	-2,59	6,37

*La diferencia de las medias es significativa al nivel de 0,05%.

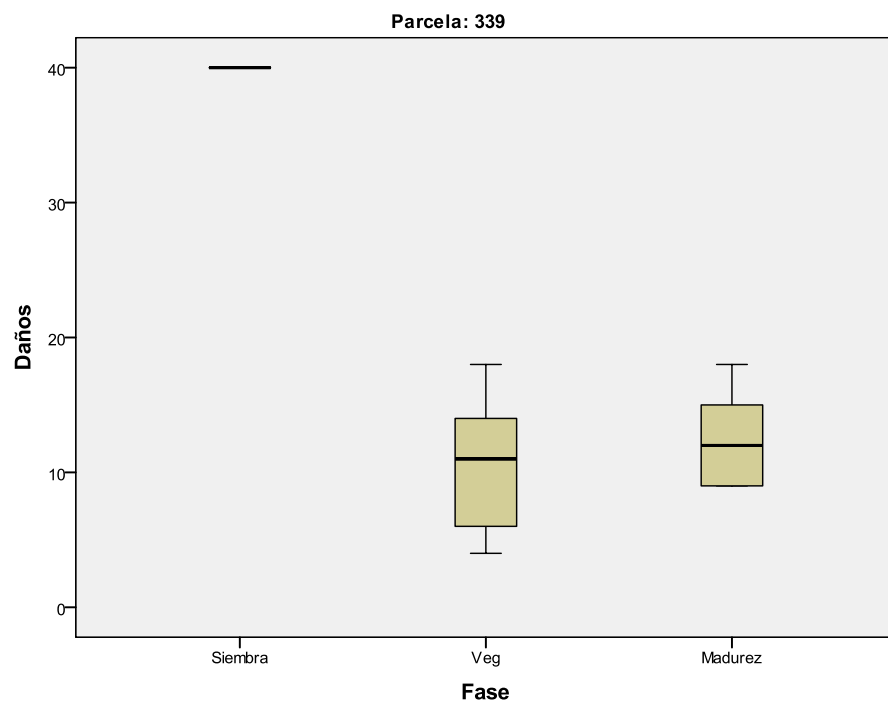


Figura 2. Diagrama de caja: daños por fases en la parcela 339.

3.1.2. Comparación entre fases en la Parcela 441

En la parcela 441, los daños tan sólo fueron encontrados en las fases vegetativa y de reproducción. En la (tabla 3), la prueba F de ANOVA indica que no existen diferencias entre ambas fases en el número de daños [F (1, 16) = 1,082; p = 0,314].

Tabla 3. Estadísticos descriptivos de los daños por fases en la parcela 441.

	N	M	DT	ET	IC para la media al 95%	
					LI	LS
Veg	9	6,11	5,53	1,84	1,86	10,36
Reprod	9	9,89	9,39	3,13	2,67	17,10
Total	18	8,00	7,72	1,82	4,16	11,84

3.2. Comparación entre fases

En la tabla 4, se encuentran los estadísticos descriptivos de los daños entre las fases, independientemente de la parcela. La prueba F de Anova indica que existe relación entre los daños y la fase [F (3, 36) = 89,496; p = 0,000] (tabla 5). Según las pruebas a posteriori de Tukey, los daños en la fase de siembra son mayores que en la fase vegetativa, reproductiva y de madurez. El número de daños en la fase vegetativa es superior a los daños de la fase reproductiva e inferior a los de la fase de madurez. La fase reproductiva presentó una menor frecuencia de daños en el ciclo del cultivo, según los descriptivos de los daños por fase (ver fig. 3).

Tabla 4. Estadísticos descriptivos de los daños por fases.

	N	M	DT	ET	IC para la media al 95%	
					LI	LS
Siembra (plántula)	4	40,00	0,00	0,00	40,00	40,00
Veg	18	6,67	5,46	1,29	3,95	9,38
Reprod	9	1,44	0,73	0,24	0,89	2,00
Madurez	9	12,22	3,42	1,14	9,59	14,85
Total	40	10,07	11,44	1,81	6,42	13,73

Tabla 5. Comparaciones de daños entre pares de fases.

(I) Fase	(J) Fase	Dif	ET	Sig.	IC al 95%	
					LI	LS

Siembra/plántula	Veg	33,333*	2,26	0,000	27,24	39,43
	Reprod	38,556*	2,46	0,000	31,93	45,18
	Madurez	27,778*	2,46	0,000	21,15	34,41
Veg	Siembra	-33,333*	2,26	0,000	-39,43	-27,24
	Reprod	5,222*	1,67	0,018	0,72	9,73
	Madurez	-5,556*	1,67	0,011	-10,06	-1,05
Reprod	Siembra	-38,556*	2,46	0,000	-45,18	-31,93
	Veg	-5,222*	1,67	0,018	-9,73	-0,72
	Madurez	-10,778*	1,93	0,000	-15,98	-5,58
Madurez	Siembra	-27,778*	2,46	0,000	-34,41	-21,15
	Veg	5,556*	1,67	0,011	1,05	10,06
	Reprod	10,778*	1,93	0,000	5,58	15,98

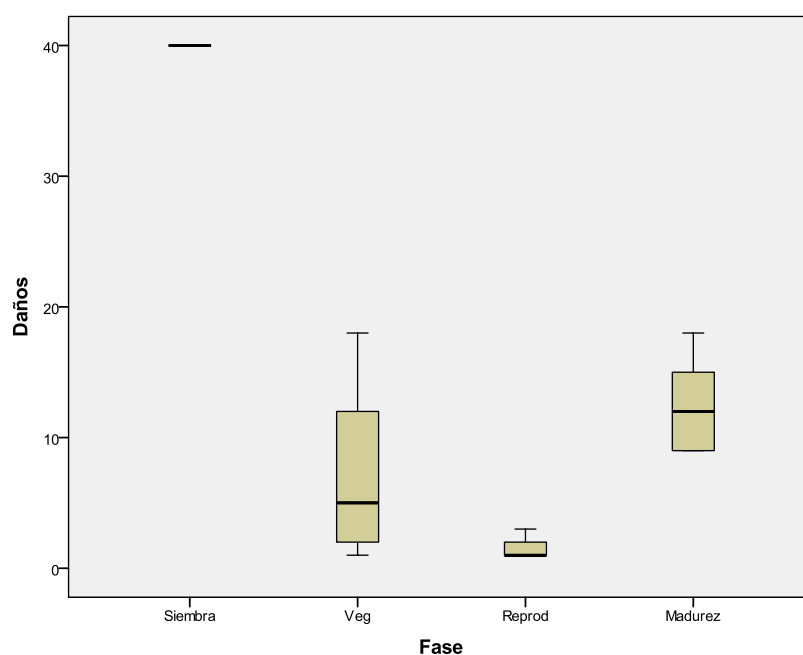


Figura 3. Diagrama de caja: daños por fases.

3.3. Comparación de los daños entre parcelas (339 y341)

También se comparó los daños entre las dos parcelas sin tener en cuenta la fase (tabla 6). La prueba F de Anova ha arrojado un resultado significativo [F (1, 38) = 24,830; p = 0,000] que indica que los daños en la parcela 339 son superiores a los de la parcela 441 (ver fig. 4).

Tabla 6. Estadísticos descriptivos de los daños por parcelas.

Parcela	N	M	DT	ET	IC para la media al 95%	
					LI	LS
339	22	16,5	11,915	2,54	11,22	21,78
441	18	2,22	2,51	0,592	0,97	3,47

Total	40	10,07	11,443	1,809	6,42	13,73
-------	----	-------	--------	-------	------	-------

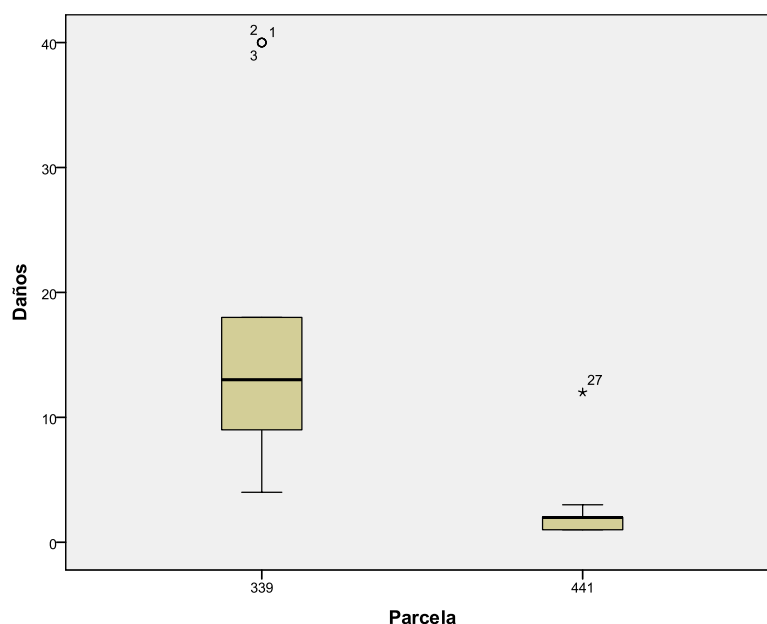


Figura 4. Diagrama de caja: daños por parcela.

3.4. Fase y parcela

Por último, se ha aplicado un Anova factorial tomando como factores la fase y la parcela para comparar los daños (tabla 7). La prueba F correspondiente a la fase ha sido significativa [$F_{\text{fase}} (3, 35) = 87,935$; $p = 0,000$], así como la correspondiente a la parcela [$F_{\text{parcela}} (1, 35) = 23,412$; $p = 0,000$], lo que indica que existen diferencias en el número de daños asociados a la fase y a la parcela. El tamaño del efecto ($R^2_{\text{aj}} = 0,921$) indica que un alto porcentaje de los daños vienen explicados por su asociación con la fase y con la parcela. Las comparaciones por pares relativas a la fase indican que el número de daños en la fase de siembra es superior al número de daños del resto de fases (tabla 8). Además, los daños en la parcela 339 han sido mayores que en la parcela 441 (tabla 9).

Tabla 7. Estadísticos descriptivos de los daños por fase y parcela.

Fase	Parcela	M	DT	N
Siembra (plántula)	339	40,00	0,00	4
	Total	40,00	0,00	4
Veg	339	10,33	4,64	9
	441	3,00	3,39	9

	Total	6,67	5,46	18
Reprod	441	1,44	0,73	9
	Total	1,44	0,73	9
Madurez	339	12,22	3,42	9
	Total	12,22	3,42	9
Total	339	16,50	11,92	22
	441	2,22	2,51	18
	Total	10,08	11,44	40

Tabla 8. Comparaciones por pares: fase.

(I)Fase	(J)Fase	Dif	ET	Sig	IC al 95 % para la diferencia	
					LI	LS
Siembra						
(plántula)	Veg	29,667*	1,93	0,000	24,26	35,07
	Reprod	31,222*	2,46	0,000	24,36	38,09
	Madurez	27,778*	1,93	0,000	22,38	33,18
Veg	Siembra	-29,667*	1,93	0,000	-35,07	-24,26
	Reprod	1,556	1,52	1,000	-2,68	5,79
	Madurez	-1,889	1,52	1,000	-6,13	2,35
Reprod	Siembra	-31,222*	2,46	0,000	-38,09	-24,36
	Veg	-1,556	1,52	1,000	-5,79	2,68
	Madurez	-3,444	2,14	0,702	-9,44	2,55
Madurez	Siembra	-27,778*	1,93	0,000	-33,18	-22,38
	Veg	1,889	1,52	1,000	-2,35	6,13
	Reprod	3,444	2,14	0,702	-2,55	9,44

Tabla 9. Comparaciones de daños entre parcelas.

(I)Parcela	(J)Parcela	Dif	ET	Sig	IC al 95 % para la diferencia	
					LI	LS
339	441	7,333*	1,52	0,000	4,26	10,41

4. DISCUSIÓN

Según los resultados obtenidos por el análisis de comparación de daños en las fases del ciclo del cultivo del arroz aplicado en las unidades de áreas estudiadas por (Santos 2000), la mayor significancia de daños en el ciclo del cultivo aparece durante la siembra (fase vegetativa), en la etapa de plántula.

Se observó que hay diferencia significativa de ocurrencia de daños asociados a las fases del ciclo del cultivo del arroz entre las unidades afectadas con daño (tablas 4 y 5). Los resultados de la frecuencia absoluta de plantas afectadas en las parcelas identificadas con daños, provocados por ratas en el Sector 8/PIB, conforme (Santos 2000), la incidencia de los daños ocurre desde la siembra hasta la fase reproductiva (Op.cit., p. 142). En encuesta aplicada a los agricultores, 60% de ellos opinaron que la incidencia de daños es mayor en la fase reproductiva, en el estadio del “embuche” (*Ibidem*). Los resultados obtenidos en este estudio identifican que la ocurrencia de daños se da en todas las fases del ciclo del cultivo, registrándose la mayor incidencia durante el estado de plántula, considerada fase de siembra por los agricultores. En el ciclo del cultivo del arroz identificado como fase vegetativa. De acuerdo con Cheaney y Jennings (1975) el ataque en el cultivo de arroz ocurre en todas las fases de crecimiento pero, la mayor ocurrencia se da en la siembra. Conforme (Santos, 2000), igualmente hay una gran incidencia de daños, cuando la panícula está empezando a salir y las ratas cortan el tallo alimentándose de las panículas en formación. Y según Ordonez, 2008), en general los mayores daños provocados por las ratas ocurre en la siembra, pudiendo destruirlas completamente. Los daños cubrieron todo el ciclo del cultivo, por lo cual confirma (Cheaney y Jennings, 1975) y la observación conforme Elias (1983) de que los daños en el cultivo del arroz provocados por ratas, ocurren en todas las fases del crecimiento de la planta. En este estudio se observó que en la fase reproductiva y de madurez, las ratas cortan el tallo de la planta en su parte basal, sin embargo, no se alimentan de la planta.

Se rechazó la hipótesis nula a nivel de significancia 0,05% también para los daños comparados entre parcelas. La prueba F de Anova ha arrojado un resultado significativo [$F(1, 38) = 24,830$; $p = 0,000$], indicando que los daños en la parcela 339 son superiores a los daños de la parcela 341 (**Fig. 4**). De este modo, identificamos que el porcentaje de daños va asociado por la relación fase/parcela. En este estudio se considera que el proceso puede relacionarse con características específicas tanto de las parcelas con relación al medio ambiente entorno, como por factores desconocidos que pudieran actuar en las unidades. Factores como el horario de la actividad de las ratas en las parcelas,

la ausencia del agricultor y de perros en la parcela, servicios de mantenimiento en parcelas vecinas, presencia de agua dentro de la parcela, pudieron influir en la incidencia de daños entre las parcelas. De acuerdo con (Santos, 2000) los daños ocurrieron en los períodos en que había agua en las parcelas y después de que alguna parcela en torno fuera sometida a manutención por limpieza. La unidad 339 se encontraba rodeada por otras unidades, separadas por un canal principal y un drenaje de desagüe de agua, en buen estado de manutención. Fueron encontrados madrigueras y nidos de ratas dentro de esta unidad.

La unidad 341 limita con dos parcelas caracterizadas por su buen sistema de manutención y también por una plantación de cocoteros (“coqueiros”) en su interior. En la cultura del coco es muy común el ataque por los roedores, con ocurrencia en varias partes del mundo (Taylor, 1972). Otros factores no identificados por este trabajo pueden haber influido para que la mayor incidencia de daños haya sido en la unidad 339. A través de la aplicación de Anova factorial, el tamaño del efecto ($R^2_{aj} = 0,921$) indicó que un alto porcentaje de los daños vienen explicados por su asociación con la fase y con la parcela, con el número de daños en la fase de siembra siendo superior al número de daños del resto de las fases (**tabla 8**), y los daños en la parcela 339 siendo mayores que en la parcela 441 (**tabla 9**).

En el Nordeste de Brasil el arroz irrigado representa el 4% del área plantada de la producción nacional, siendo muy importante desde el punto de vista social y económico. El cultivo del arroz por dreno y riego está en las manos de los pequeños agricultores. De acuerdo con los datos de la FAO, el continente asiático es el mayor productor mundial de arroz, con una productividad de 88,95%. El estado brasileño, ocupa el noveno lugar en la producción mundial de este cereal, siendo el primero fuera del continente asiático (Wander, 2006)).

Según los boletines informativos de CODEVASF (2010), en el año 2008 el BSFS alcanzó 1.951,58 Kg/ha. Siendo este cereal el principal cultivo con 84% de producción, frente a 7% de coco, 5% de banana, 3% de maíz, y 1% de otras culturas. La cultura de arroz en el bajo San Francisco Sergipano se destaca por su importancia en el desarrollo socio económico de la región. Los

perímetros irrigados en la región del BSFS, son imprescindibles para la subsistencia de la población rural, además de la importancia para las relaciones económicas, que mantiene cerca de 7. 490 empleos de forma directa o indirecta. La región del BSFS sergipano, incluye las provincias de Sergipe (SE) y Alagoas (AL). En la región del Bajo San Francisco el cultivo del arroz se estableció desde su colonización en el siglo XVI (Pierson, 1972; Sigaud, 1985), y en el Estado de Sergipe tuvo sus inicios en 1614 (SUVALE e ANCARSE, 1972). El desarrollo del sistema agrícola por irrigación, se concentra en áreas de grandes humedales, por la introducción de los Perímetros Irrigados en Propriá, Cotinguiba-Pindoba y en Betume (municipio de Neópolis). Con un potencial de más de 60 mil hectáreas para el cultivo, ofreciendo la posibilidad de dos cosechas anuales (Barros *et al.*, 1995).

En la región, los problemas como la inestabilidad del mercado, las sequías del Nordeste brasileño y las construcciones con vistas a un aumento de la capacidad de las presas en el río San Francisco son factores de la causa de la disminución de las inundaciones en las áreas de humedales de la provincia sergipana, condicionando un estado crítico para los rizicultores (Cuenca y Nazário, 2002). En el año 2000, el municipio de Neópolis, ocupó el 4º lugar en productividad, con 15% de producción del arroz de todo Estado Sergipano. Los mejores resultados productivos para el municipio de Neópolis a finales del siglo XX, fueron para los años 1992 y 1993, con (31%) con relación a la productividad del Estado, 1997/1998 con 29%, y presentado caídas para los binomios de años (1995/1996) (-16%), y (1999/2000) (-21%) (*Ibiden*). Se resalta que los años de 1993, 1998, 1999, fueron años de gran pérdida en el campo por plagas de ratas (Santos, 2000, Sergipe, 1995, Emdagro, 1999). En el siglo pasado, en 1978, por primera vez en el BSFS fue identificada la plaga de ratas con resultados de graves daños en los cultivos. Ese año coincide con el cambio del sistema de producción en el BSFS, en que el método tradicional de inundación natural en el humedal Betume, pasa a drenaje y riego, perímetro irrigado (PIB) (Santos, 2000). El retorno de la ocurrencia de la plaga aparece concomitante al evento “El Niño” en los años (1982/1983; 1988, 1993, 1998/99) (*Ibiden*), y en la década pasada en los años 2005, 2009/2010, y este punto fue concedido por (G. Vasconcelos, Técnico Emdagro/Betume,

entrevista personal, 03 de mayo de 2012). Se sugiere que la ocurrencia de la plaga es muy similar pudiendo ser parte del mismo fenómeno conocido como “ratadas”, que conforme (Jaksic y Lima, 2003) ocurre en el semiárido de varios países de América del Sur como: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay, Perú y Uruguay, en años de ocurrencia del “El Niño.

5. CONCLUSIONES

El estudio concluye que el comportamiento de los daños, en función de la fase del ciclo del cultivo del arroz entre las unidades observadas con daño, fue mayor en la etapa de plántula (siembra), con $[F(2, 19) = 97,16; p = 0,000]$ (tablas 1 y 2, fig. 2);

La varianza de los daños también es significativa con relación a las parcelas observadas con daños, siendo la parcela 339 la que presentó una mayor y significativa incidencia de daños, que la 341, abarcando las fases de siembra (etapa de plántula), vegetativa y de madurez (fig. 2 y fig. 4);

En la unidad 341 la ocurrencia de daños en las fases vegetativa y reproductiva no se presentaron significativas con $[F(1, 16) = 1,082; p = 0,314]$ (fig. 3);

Al contrario de los registros según (Santos, 2000) que no menciona la fase de madurez, los daños en esta fase fueron más significativos que en la fase vegetativa y reproductiva en ambas las parcelas afectadas por los daños;

El análisis de varianza demostró que la fase reproductiva presentó la menor media de daños en las fases del ciclo del arroz (tabla 4), en comparación con las otras fases del ciclo del cultivo entre ambas parcelas. El resultado es contrario a la percepción de los agricultores, quienes identificaron la fase reproductiva, (“embuche”), con mayor incidencia y daños;

La prueba F de Anova indica que existe relación entre los daños y la fase del ciclo del arroz $[F(3, 36) = 89,496; p = 0,000]$ (tabla 5);

La aplicación de Anova Factorial corrobora que existen diferencias significativas en el número de daños asociado a la fase y a la parcela, con el

tamaño del efecto ($R^2_{aj} = 0,921$) (tabla 8) indicando un alto porcentaje. Los resultados demuestran que los daños vienen explicados por su asociación con la fase y con la parcela;

Al considerar ambas unidades analizadas, los daños ocurrieron en el ciclo del cultivo del arroz: siembra (etapa de plántula), fase vegetativa, reproductiva y madurez.

ANEXO

Parcela 339	Nº de plantas afectadas/m2	Parcela 341	Nº de plantas afectadas /m2
Siembra	40	F. Vegetativa	04
Siembra	40	F. Vegetativa	20
Siembra	40	F. Vegetativa	04
Siembra	40	F. Vegetativa	08
F. Vegetativa	18	F. Vegetativa	04
F. Vegetativa	12	F. Vegetativa	04
F. Vegetativa	14	F. Vegetativa	06
F. Vegetativa	06	F. Vegetativa	01
F. Vegetativa	14	F. Vegetativa	04
F. Vegetativa	08	F. Reproductiva	07
F. Vegetativa	11	F. Reproductiva	32
F. Vegetativa	06	F. Reproductiva	18
F. Vegetativa	04	F. Reproductiva	04
F. Madurez	18	F. Reproductiva	05
F. Madurez	15	F. Reproductiva	09
F. Madurez	12	F. Reproductiva	05
F. Madurez	14	F. Reproductiva	04
F. Madurez	09	F. Reproductiva	05
F. Madurez	15	-	-

F. Madurez	09	-	-
F. Madurez	09	-	-
F. Madurez	09	-	-

Tabla 11. Valor absoluto de biomassa afectada/m2- Parcelas 339 y 341
Fuente: Santos (2000, pp: 118, 119).

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Bomfim, Luis Fernando Costa, Costa, Ivaldo Vieira Gomes da, Benvenuti, Sara Maria Pinotti (Org). *Projeto cadastro da infra-estrutura hídrica do Nordeste*. Diagnóstico do municipio de Neópolis. Estado de Sergipe, 2002.

Cheaney, Robert L. Y., Jennings, Peter Randolph. *Problemas en cultivo de arroz en América Latina*. Colombia, CIAT. Cali: 1975.

CODEVASF. *Relatório técnico de potencialidade de área: Perímetro Irrigado do Betume*, 1995.

Planta geral do Perímetro Irrigado Betume e a localização do setor 8. Aracaju: mapa base na escala de 1/15 000, 1998.

Ficha técnica do Perímetro Irrigado Betume. (1999). Aracaju: SEPRE/CODEVASF. 4ª Superintendência Regional: 1999. (11p).

Boletim Informativo dos Perímetros da Codevasf en el PIB (BIP), N.4, maio, 2010.

Cuenca, Manuel Alberto Gutierrez, Nazário, Cristiano Cmapos (Org.). *A rizicultura no Baixo São Francisco Sergipano- Aspectos conjunturais e sua evolução na década de 90*. Ministerio de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Documentos 43*, Novembro, 2002. ISSN 1678-1953.

Elías, Donald J. *El problema de roedores en el proyecto de riego del bajo San Francisco*. Status e recomendações (Informe final). 1983.

Ferreira, Carlos Magri. (Org.). *Recomendaciones técnicas para a cultura do arroz irrigado no Nordeste*. XII REUNIÃO DA COMISSÃO TÉCNICA

REGIONAL DE ARROZ REGIÃO III-NORDESTE. EMBRAPA. Fortaleza-CE, 4 a 8 de agosto de 1997. Goiânia. 1998.

EMDAGRO Relatório *de aplicación do raticida no Perímetro Irrigado do Betume*. Neópolis: Betume. 1999.

FONAIAP. El arroz: Alimento importante para dos mil millones de seres. *FONAIAP DIVULGA* N.03. marzo-Abril, 1982.

Jaksic, Fabian M., Lima Mauricio. Myths and facts on ratadas: bamboo blooms, rainfall peaks and rodent outbreaks in South America. *Austral Ecology*, 28, 2003.

Mertino, Antonio Pardo; Días, Miguel Ángel Ruiz. *SPSS 11 Guía para el análisis de datos*. Madrid: 2002.

Ordoñez, Yener Javier Caicedo. *Evaluación de características agronómicas de cuatro líneas interespecíficas de arroz (Oriza Sativa/Oriza Latifolia) comparadas con dos variedades comerciales y una específica en el corregimiento # 8 de Zacarías municipio de Buenaventura*. Universidad del Pacífico Facultad de Ciencias Naturales y Exactas Programa de Agronomía del Trópico Húmedo de Buenaventura, 2008.

Pierson, Donald. (1972). *O homem no vale do São Francisco*: Ministério do Interior: SUVALE.

Sigaud, Lygia. *Efeitos sociais de grandes projetos hidrelétricos: as barragens de sobradinho machadinho*. Programa de Pós-Graduação em antropologia do Museu Nacional, 1985.

SUVALE/ANCARSE. *Plano de ação para os vales úmidos do baixo São Francisco*. Aracaju: ANCARSE, 1972.

Roedores. *Controle de roedores (desratização)*.

<http://www.homeshopping.com.br/ãstral/roed.htm> (consultada el 14 de octubre 1997).

Santos, Gedália Cruz. *Relação sociedade-natureza e a problemática da infestação de roedores (ratos) em área irrigada cultivada com arroz (Oriza sativa L.) no baixo São Francisco sergipano*. Tesis de Maestría no publicada. NESA: Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, Sergipe, Brasil, 2000.

Sarma, V. Venkateswara. Flowering of *Melocanna baccifera* (Bambusaceae) in northeastern India. *CURRENT SCIENCE*, (Vol. 96, Nº 9, 10 May 2009).

Schiller, John M., Boupoua Douang. Bounneuang and Bounnaphol, Onechanh. *Rodents in agriculture in the LAO PDR- un problem with an unknow future*, (s.d.).

Sergipe. Servicio de Vigilância Sanitária Regional de. *Projeto para controle de roedores no Estado de Sergipe*, 1995.

Singleton GR. Impacts of rodents on rice production in Asia. *IRRI. Discussion Paper Series No 45*. Los Baños, Philippines: International Rice Research Institute. Singleton GR, Sudarmaji, and Brown PR, 2003

Sokal, Robert R.; Rohlf, F. James. *BIOMETRIA* principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. Madrid: H. Blume Ediciones: 1969.

SERGIPE.SECRETARIA DE ESTADO DO PLANEJAMENTO E DA CIÊNCIA E TECNOLOGIASEPLANTEC. SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS E PESQUISAS-SUPES. *Perfis Municipais*: Aracaju, 1997. 75v.

SERGIPE.SECRETARIA DE ESTADO DO PLANEJAMENTO E DA CIÊNCIA E TECNOLOGIASEPLANTEC.SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS E PESQUISAS-SUPES. *Informes Municipais*: Aracaju, 2000. 75v.

Taylor, K.D. Rodent problema in tropical agricultura. *PANS*. v. 18, n.1, mar, 1972.

Spiegel, Murray R. *Estadística*. 2º ed., Madrid : McGraw-hill, Inc, 1991.

Xavier, Airton Fontenele Sampaio, Xavier, Terezinha de Ma. Bezerra S., Días, maría Assunción Faus da Silva, *et al*. Interrelações entre eventos ENOS

(ENSO), a ZCIT (ITCZ) no Atlântico e a chuva nas bacias hidrográficas do Ceará. RBRH- Revista Brasileira de Recursos Hídricos, volume 8 n.3 Abr/Jun, 2003, pp.111-126.

Wander , Alcido Elenor . (2006). *Cultivo do Arroz de Terras Altas no Estado de Mato Grosso*. *Embrapa Arroz e Feijão*. *Sistemas de Produção*, No. 7 ISSN 1679-8869 Versão eletrônica. Setembro/2006.

<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozTerrasAltasMatGrosso/index.htm>

. (Consultado a 15.10.2012).

CAPÍTULO 5

VARIACIÓN Y PROPORCIÓN DE VARIANZA DE (ROA) REGIONES OCÉANO ATMOSFÉRICAS Y (AH) ÁREAS HÚMEDAS EN AÑOS ENOS CON O SIN OCURRENCIA DE “RATADAS”, EL CASO DEL (BSFS) BAJO SAN FRANCISCO SERGIPANO, (NEB) NORDESTE DE BRASIL¹⁹

¹⁹ Artículo aceptado y publicado: Santos, G.C. Variación de daños provocados por ratas en arrozales del Bajo San Francisco Sergipano (BSFS). *Revista Digital de Medio Ambiente “Ojeando la Agenda”*. 24: 1-27 Jul, 2013.

VARIACIÓN Y PROPORCIÓN DE VARIANZA DE (ROA) REGIONES OCÉANO ATMOSFÉRICAS Y (AH) ÁREAS HÚMEDAS EN AÑOS ENOS CON O SIN OCURRENCIA DE “RATADAS”, EL CASO DEL (BSFS) BAJOSAN FRANCISCO SERGIPANO, (NEB) NORDESTE DE BRASIL

Gedália Cruz Santos

Licenciada en Ciencias Biológicas (Universidade Federal de Sergipe (UFS)/Brasil)
Máster-Desarrollo y Medio Ambiente-NESA/UFS-Brasil
Departamento de Economía y C. Sociales Universidad Politécnica de Valencia-
España
e-mail: yeshuagedha@yahoo.es

RESUMEN

En los arrozales de las áreas húmedas (AH), BSFS, en la NEB, desde 1978 se evidencia un “outbreak” de ratas. El fenómeno coincide con años de “El Niño” y sequías en la NEB (Santos, 2000). La variabilidad climática de la NEB está modulada por padrones de (ROA) Regiones Océano-Atmosféricas (Moura and Shukla, 1981; Folland, *et al.*, 2001; Moura, *et al.* 2009). Según (Lima *et al.*, 1999; Jaksic y Lima, 2003), las “ratadas” del semiárido en varias partes de Sudamérica se identifican con el “El Niño”. Este estudio investiga la presencia de correlaciones lineales significativas y la proporción de varianza, r^2 , entre (ATSM) anomalías de la Temperatura de la Superficie Marina, y (TSM) Temperatura de la Superficie Marina del Océano Pacífico Tropical Central: (IOS) Índice de Oscilación Sur; típicas regiones “El Niño”: N1+2, N3, Niño 34, Niño 4; categorías oceánicas: (OAN) Atlántico Norte, (OAS) Sur y Tropical según NOAA (2012, 2013) (National Oceanic and Atmospheric Administration); y las medias mensuales máximas y mínimas de temperatura 0° C y acumulados de precipitaciones mensuales, mm, en años de ocurrencia del evento (ENOS) “El Niño” Oscilación Sur, con y sin registros de plaga, en las AH/BSFS. El estudio cubre un período entre (1964-2010), en una serie no secuenciada de 18 años, anteriores y posteriores a los cambios ambientales. Se estimaron los coeficientes de correlación de Pearson, r , cuyo valor de probabilidad p para correlación lineal significativa es $p \leq 0,05$ y $p \leq 0,01$. Los resultados identifican correlaciones lineales significativas entre ROA y AH en años ENOS, con y sin registros de “ratadas”. Para la proporción de r^2 , las ROA

influyen fuertemente en las AH. Las regiones N1+2, N34, Atlántico Sur, presentaron el mayor número y mejores correlaciones con las AH.

Palabras clave: Bajo San Francisco Sergipano, Betume, “El Niño”, ratadas.

Variation and proportion of variance between atmosphere-ocean region (AOR), and wetlands (W) in ENSO years with or without having “Ratadas”, the case of the Low San Francisco Sergipano (LSFS), Brazil Northeast Region (NEB)

ABSTRACT

In the Low San Francisco Sergipano (LSFS), northeast region of Brazil (NEB), in wetlands (W) of rice fields since 1978 there has been verified an “outbreak” of rats. The phenomena is related to “El Niño” years and dry season in the Northeast Brazil (Santos, 2000). Climate variability in Northeast of Brazil is modulated by the ocean-atmosphere system (OAS) (Moura and Shukla, 1981; Folland, *et al.*, 2001; Moura, *et al.*, 2009). According to (Lima *et al.*, 1999; Jaksic y Lima, 2003), several parts in the semi-arid region of South America, “ratadas” are related to “El Niño”. This study evaluates the presence of significant linear correlation between Sea Surface Temperature Anomaly (SSTA) and Sea Surface Temperature (SST), in the Central Pacific Tropical regions: Southern Oscillation Index (SOI); the typical regions “El Niño” N1+2, N3, Niño 34, Niño 4; category oceanic: North Atlantic (NATL), South Atlantic (SATL), TROPICAL Atlantic, according to NOAA (2012, 2013) (National Oceanic and Atmospheric Administration) and average monthly maximum and minimum temperatures 0°C, and total monthly rainfall mm, in El Niño/Southern Oscillation (ENSO) years, with or without having “ratadas” in the AH/BSFS region. This study covering the period 1964-2010, has not just sequential series of 18 years organized before and after environmental changes. Pearson`s correlation coefficients (r) was estimated and the probability value p to significance level of linear correlation is $p \leq 0,05$ and $p \leq 0,01$. Results identified significant linear correlation between ROA and W to

ENSO years with or without occurring of “ratadas in the AH/BSFS. Proportion of variance r^2 shows AH are influenced by ROA. The Niños regions N1+2, N34, South Atlantic Ocean obtained the highest and the best degree of correlation.

Key words: Low San Francisco Sergipano, Betume, “El Niño”, Ratadas.

Variação e proporção de variância de regiões oceano-atmosféricas (ROA) e áreas úmidas (AH) em anos ENOS com ou sem ocorrência de “ratadas”, o caso do Baixo São Francisco Sergipano (BSFS), Nordeste do Brasil (NEB).

RESUMO

Nas áreas húmedas (AH) com rizicultura, BSFS, região Nordeste de Brasil (NEB), desde o ano de 1978 se evidencia un “outbreak” de ratas. O fenômeno coincide com anos de “El Niño” e secas no NEB (Santos, 2000). A variabilidade climática no NEB está modulada por padrões de regiões oceano-atmosféricas (ROA) (Moura and Shukla, 1981; Folland *et al.*, 2001; Moura *et al.*, 2009). Segundo (Lima *et al.*, 1999; Jaksic & Lima, 2003), las “ratadas” do semiárido em varias partes do Sudamérica também se identificam com o “El Niño. Este estudo investiga a presença de correlações lineares significativas e a proporção de variância, r^2 , entre anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (ATSM) e Temperatura da Superfície Marinha (TSM) no Oceano Pacífico Tropical Central: Índice de Oscilação Sul (IOS); Regiões típicas “El Niño”: N1+2, N3, Niño 34, Niño 4; Categorias oceánicas: Atlântico Norte (AN), Sul (AS) e Tropical, segundo (NOAA, 2012, 2013) (National Oceanic and Atmospheric Administration) e médias mensais de máximas e mínimas de temperatura 0°C, e totais mensais de pluviometria mm, em anos com ocorrência do evento “El Niño”/Oscilación Sur (ENOS), com ou sem registros de “ratadas” nas AH/BSFS. O estudo cobre um período entre (1964-2010), em uma série não sequenciada de 18 anos, anteriores e posteriores a transformações ambientais. Se estimaram coeficientes de Pearson (r) cujo valor da probabilidade p para a correlação linear significativa é $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$. Os

resultados identificam correlações lineares significativas entre ROA e AH em anos ENOS, com ou sem registros de “ratadas”. A proporção de r^2 indica que las ROA influem fortemente nas AH. As regiões N1+2, N34, Atlântico Sul apresentaram um maior número e melhores correlações com as AH.

Palavras-chave: Baixo São Francisco Sergipano; Betume, “El Niño”, ratadas.

1. INTRODUCCIÓN

Desde el siglo XVI, toda la región del BSFS ha presentado un paisaje y los sistemas humanos de producción desarrollados, controlados por la influencia del Río San Francisco (SF) (Pierson, 1972; Codevasf, 1976; Barros, 1985; Sigaud, 1985). Los Valles Húmedos (VH) en el BSFS estaban formados por 13 municipios con 578 inmuebles dedicados a la cultura del arroz (SUVALE/ANCARSE, 1972). El sistema productivo se relacionaba con las condiciones físicas de las llanuras fluviales, por el aprovechamiento de las crecidas y bajadas del río (Monteiro, 1962). El humedal Betume (HB), en portugués, “Várzea Betume” (VB) sufrió severos cambios a nivel de su patrón paisajístico, con sustitución del uso del suelo de tierras húmedas cultivable con arroz, pasando a Perímetro Irrigado Betume (PIB). El desvío del cauce del río SF por la construcción de la presa de Sobradinho a 750Km de su desembocadura definió los cambios ambientales en los VH (Codevasf, 1976, 1991; Barros, 1985; Fonseca, 1988, Ramos, 1999). El PIB está alimentado por el río SF y sus riachuelos de Mundé da Onça, Baxó y Aterro (Fonseca, 1988).

A partir de la entrada en operación del PIB en el año de 1978, la cultura de cultivo en los humedales, los arrozales, se vieron afectados por una perturbación de una plaga cíclica de ratas (Elías, 1983; Sergipe, 1995; Santos, 2000). La escala temporal de la plaga después de su primera ocurrencia en 1978 volvió a repetirse en los años 1982, 1983, 1988, 1993, 1998, 1999 (Elías, 1983; Sergipe, 1995; Codevasf, 1981-1996; Santos, 2000). Y en la década pasada, en los años 2005, 2009 y 2010 (Entrevista personal técnico - Emdagro/Neópolis concedida por G. B. Vasconcelos, en 03 de mayo de 2012). Las ratas destruyen gran parte de la producción en el campo, con graves pérdidas económicas. Los géneros identificados en el BSFS pertenecen a las

familias autóctonas del semiárido, Cricetidae y Cavidae y la familia introducida, Muridae (Elías 1983; Sergipe 1995; Santos 2000), con predominancia del *Holochilus sciureus* (Sergipe, 1995).

Autores diversos identifican un aumento en la población de especies animales y vegetales cuyos períodos coinciden con el evento “El Niño” (Holmgren *et al.*, 2006; Lima *et al.*, 1999; Holmgren *et al.*, 2001; Jaksic and Lima, 2003; Pizarro *et al.*, 2005; Retana *et al.*, c.a., 2000). El fenómeno conocido como “ratadas” en zonas semiáridas de América del Sur, pueden relacionarse a la floración de especies de bambú, y la influencia del evento ENOS (Jaksic and Lima, 2003). El “El Niño” tiene una fuerte influencia sobre diferentes ecosistemas, afectando comunidades de plantas y de animales (Holmgren *et al.*, 2001). En el BSFS, Santos (2000) identificó el fenómeno de la plaga de ratas con años de ocurrencia del evento ENOS y períodos caracterizados por el evento de sequías en el NEB. Este estudio investiga la presencia de correlaciones lineales significativas r , y la proporción de varianza r^2 , entre anomalías mensuales, ATSM y TSM de ROA sobre variables climáticas (VC) del BSFS en años con o sin ocurrencia de plaga de ratas, pero con presencia del ENOS según (NOAA, 2012, 2013).

La mayor dificultad con que se ha deparado este trabajo fue la carencia de estudios similares específicos en el área estudiada, que permitieran comparar la influencia de las ROA y la perturbación por ratas en las AH/BSFS. Conforme (Junior, 2007), además de fallos en series años de datos climáticos, también existe la ausencia de series año/mensuales completas en áreas del NEB. El estudio sobre el conocimiento de la interacción entre estas áreas se justifica y es de gran interés para la región del BSFS. Profundizar el conocimiento sobre la perturbación de la plaga de ratas y el clima, considerando los impactos que conllevaron a los cambios de producción en el Bajo San Francisco es muy importante para la región. Investigaciones sobre la influencia de las ROA en el BSFS, servirán de apoyo en el sentido de una mejor comprensión sobre la relación entre impacto ambiental, “ratadas” y el “El niño”. Además, la identificación de correlación probable entre plaga y evento ENOS, permitirá la posibilidad del desarrollo de un modelo de previsión de la plaga en otros estudios.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio se ubica en el PIB/Neópolis/BSFS, NEB. El PIB, se localiza a $10^{\circ} 26' 8''$ de latitud sur y $36^{\circ} 32' 23''$ de longitud W (Codevasf, 1995). El municipio de Neópolis se encuentra a $10^{\circ} 19' 13''$ de latitud sur y $36^{\circ} 34' 41''$ de longitud a W de GR (Sergipe, 1996). El clima en el municipio de Neópolis es del tipo megatérmico seco a sub-húmedo, con temperaturas medias anuales de 26°C , y la precipitación media anual de 1.200, 0mm. El período lluvioso es de marzo a agosto (Bomfim *et al.*, 2002).

Con respecto a las variables investigadas, dadas las dificultades de series años, y series mensuales completas para el área del BSFS, se definió una serie no secuenciada de 18 años entre 1964-2010, caracterizados como años ENOS conforme (NOAA, 2012, 2013), y años de “ratadas”. La series se compone de series años no secuenciada, con mensuales completos, identificadas sin y con registro de plaga, para el área investigada. El año de 1978, escala temporal caracterizada por la primera ocurrencia del fenómeno de la plaga en el BSFS, se tomó como referencia, y se define (1964 -1977) anterior a la plaga, y (1978 - 2010) período/años con la perturbación. Las variables relacionadas son: medias mensuales de las VC de las AH/BSFS para las Máximas y Mínimas de Temperatura (MaxTemp, MinTemp) 0°C , y mensuales acumulados de precipitaciones (Pluv), mm, en las AH/BSFS, para los años determinados. Y, anomalías mensuales de ATSM y TSM de ROA para esta misma serie/año. Para las VC en las AH, se seleccionó la serie de mensuales completos, no secuenciada con datos disponibles para los años: 1964, 65, 67, 68, 69, 1970, 73, 77 en años de evento ENOS, conforme (NOAA, 2012, 2013), y, sin registro de ocurrencia de plaga. El año de 1978, primer año de registro de la plaga, pero, neutral con respecto al evento ENOS (NOAA, 2012, 2013), y, 1982, 83, 88, 1993, 98, 99, 2005, 2009, 2010 como años con ocurrencia de plaga (Elías, 1983; Codevasf, 1981-1996; Sergipe, 1995; Santos, 2000 y Entrevista concedida por G.B.V. en 03/05/2012), con eventos ENOS (NOAA, 2012, 2013). Los datos de las VC del PIB/Neópolis, para los años 1964, 65, 67, 68, 69, 1970, 73; 77 y 1978, son datos climáticos de la Estación Meteorológica de Propriá ($10^{\circ} 12' 39''$ S y $36^{\circ} 50' 24''$ O), INMET/CMRHSE (Gobierno de Sergipe). Los años de 1993, 1998, 1999 son datos de la Estación de

Ascondir/Neópolis. Los años 2005, 2009, 2010 con ocurrencia de la plaga, igualmente se usa datos de Ascondir/Neópolis y del INMET/CMRHSE (Gobierno de Sergipe), disponibles *In:* <http://www.agritempo.gov.br/agroclima/sumario?uf=SE>.

Para el análisis se utilizó el procedimiento estadístico de correlación lineal y de coeficiente de determinación, a través del programa SPSS versión 19,0 (Base de datos Universidad de Alicante). El estudio hace un análisis de correlación cruzada, relacionando las medias mensuales máximas y mínimas de temperatura 0°C, y los mensuales acumulados de precipitación, mm, de las AH/BSFS para la serie de años investigada. Las anomalías asociadas al evento ENOS fueron: anomalías del IOS y de las ATSM y TSM en las regiones “niños”: N1+2, N3, N34, N4. Para las categorías oceánicas, en las tablas y resultados se usa las siglas: Atlántico Norte (NATL), Sur (SATL) y TROPICAL. Se verificó la variación conjunta entre las anomalías de las ROA y las VC de las AH/BSFS en años ENOS, con o sin registros de ocurrencia de la plaga conforme la serie de años individuales determinados.

Se rechazó la hipótesis nula de independencia lineal, es decir, que el coeficiente de correlación es igual a cero en la población definida para el estudio. Moura *et al* (2009), menciona como valores de correlaciones fuertes $r=0,56$; $r= -0,53$; $r= -0,50$ entre N3, N34 y precipitaciones/NEB. Para este estudio se determinó que la relación será significativa cuando la probabilidad asociada sea menor o igual a los niveles de significancia establecidos en 5% y en 1%. El Coeficiente de Determinación, r^2 , identifica la proporción de variabilidad de las VC/BSFS, explicadas en función de las anomalías/ ROA. El análisis de correlación lineal es usado para medir el grado de interconexión entre variables y la precisión con que explica la relación lineal entre dos variables cuantitativas (Sipegel 2000; Merino 2002). Se estimaron coeficientes de correlación de Pearson (r), por ser el mejor coeficiente y de mayor utilización en el estudio del grado de relación lineal entre dos variables cuantitativas (Merino, 2002; Chinchill *et al.*, 2005; Orozco y Escobar, 2008).

Para las ROA se usa las anomalías y temperatura de la superficie del mar (ATSM y TSM) de mensuales estandarizados según NOAA disponibles para el

IOS (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/soi>); las regiones N1+2; N3, N34; N4 en el Pacífico Ecuatorial (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/ersst3b.nino.mth.ascii>), y áreas del Océano Atlántico NATL, SATL y TROPICAL (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/sstoi.atl.indices>). Los resultados fueron descritos en tablas seguidas con sus respectivos comentarios, discusión y conclusión. Los análisis fueron interpretados de acuerdo con NOAA (2012, 2013) disponible en: <http://ggweather.com/enso/oni.htm> y otros autores.

3. ANÁLISIS Y RESULTADOS

Las tablas de abajo representan los resultados del análisis de acuerdo con los parámetros definidos para el estudio. En las tablas, las correlaciones lineales positivas están identificadas como (L/P), mientras que las correlaciones lineales negativas (L/N).

Tabla 1. Resultados de correlaciones entre VC del BSFS/PIB en función de las ATSM y TSM de ROA en la década de los 60.

AÑOS SIN PLAGA EN EL BSFS	Anomalías Niños /BSFS	R	Sig. (0,000) (Bilaterall)	Tipo	Nivel/Signif 95%* 99%**	R ²	%
1964	N1+2-ATSM/Pluv	0,917**	0,000	L/P	99%	0,840	84,0
1964	N3-ATSM/Pluv	-0,605*	0,037	L/N	95%	0,366	36,6
1964	N3 - ATSM/MinTemp	-0,580*	0,048	L/N	95%	0,337	33,7
1965	IOS/TempMin	0,648*	0,023	L/P	95%	0,419	41,9
1965	N1+2-TSM/MaxTemp	-,724**	0,008	L/N	99%	0,525	52,5
1965	N4-TSM/Pluv	0,600*	0,039	L/P	95%	0,360	36,0
1965	N4-TSM/MaxTemp	-0,646*	0,023	L/N	95%	0,417	41,7
1965	N34-TSM/Pluv	0,580*	0,048	L/P	95%	0,337	33,7
1965	N34/TSM/MaxTemp	-0,587*	0,045	L/N	95%	0,344	34,4
1965	NAO/ATSM/MaxTemp	0,606*	0,037	L/P	95%	0,367	36,7
1965	NAO/ATSM/MinTemp	0,726**	0,007	L/P	99%	0,52,8	52,8
1965	SAO/ATSM/MaxTemp	0,584*	0,046	L/P	95%	0,341	34,1
1965	SAO/TSM/MinTemp	0,650*	0,022	L/P	95%	0,422	42,2
1965	TROPICAL/TSM/MinTemp	0,628*	0,029	L/P	95%	0,394	39,4
1967	N1+2-ATSM/MinTemp	0,583*	0,046	L/P	95%	0,340	4,0
1967	N1+2-TSM/MinTemp	0,799**	0,003	L/P	99%	0,607	60,7
1967	N3-TSM/MinTemp	0,628*	0,029	L/P	95%	0,395	39,5
1967	N4-ATSM/Pluv	0,691*	0,013	L/P	95%	0,478	47,8
1967	N4-TSM/Pluv	0,650*	0,022	L/P	95%	0,423	42,3
1967	N34-TSM/Pluv	0,643*	0,024	L/P	95%	0,614	61,4
1967	NAO/TSM/MinTemp	-0,600*	0,012	L/N	95%	0,488	48,8
1967	SAO/TSM/MinTemp	0,789**	0,002	L/P	99%	0,622	62,2
1967	TROPICAL/TSM/MinTemp	0,769**	0,003	L/P	99%	0,592	59,2
1968	N1+2-TSM/Pluv	-0,699*	0,012	L/N	95%	0,488	48,8
1968	N1+2-TSM/MinTemp	0,728**	0,007	L/P	99%	0,529	52,9
1968	N4-TSM/Pluv	0,627*	0,029	L/P	95%	0,393	39,3
1968	N34-TSM/Pluv	0,669*	0,017	L/P	95%	0,448	44,8
1968	N34/TSM/MaxTemp	-0,664*	0,019	L/N	95%	0,441	44,1
1969	N1+2-TSM/MinTemp	,953**	0,000	L/P	99%	0,909	90,9
1969	N3-TSM/Pluv	0,851**	0,000	L/P	99%	0,724	72,4
1969	N3-ATSM/MaxTemp	0,688*	0,013	L/P	95%	0,474	47,4

1969	N3-TSM/MinTemp	0,710**	0,010	L/P	95%	0,505	50,5
1969	N4-ATSM/MaxTemp	0,631*	0,028	L/P	95%	0,398	39,8
1969	N34-ATSM/MaxTemp	0,718**	0,009	L/P	99%	0,515	51,5
1969	N34-TSM/MinTemp	0,726**	0,007	L/P	99%	0,527	52,7
1969	NATL/ATSM/MaxTemp	0,653*	0,021	L/P	95%	0,426	42,6
1969	NATL/ATSM/MinTemp	0,634*	0,027	L/P	95%	0,403	40,3
1969	NATL/TSM/MinTemp	-,860**	0,000	L/N	99%	0,739	73,9
1969	SATL/ATSM/MinTemp	0,807**	0,001	L/P	99%	0,652	65,2
1969	SATL/TSM/MinTemp	0,912**	0,000	L/P	99%	0,832	83,2
1969	TROPICAL/ATSM/MinTemp	0,806**	0,002	L/P	99%	0,650	65,0
1969	TROPICAL/TSM/MinTemp	0,858**	0,000	L/P	99%	0,736	73,6

En los resultados del cruzamiento entre las anomalías del IOS y las VC del BSFS en la década de los 60, apenas se encontró índice de correlación lineal significativa. Tan sólo un valor lineal significativo para r , con relación a las temperaturas mínimas (IOS/MinTemp=0,648*; $r^2 = 0,419$) para el año de 1965. El año de 1964 presentó un índice de correlación lineal para las regiones “Niños” muy fuerte, donde r N1+2-ATSM/Pluviometría ($r=0,917^{**}$; sig.=0,000) y $r^2= 0,840$. Siendo identificado una proporción muy alta para r^2 , en que la región N1+2 influyó fuertemente sobre la pluviometría en las AH en un 84%. No se verificó variaciones lineales significativas para los cruzamientos entre las anomalías de los océanos y las VC en el BSFS, en los años de 1964 y 1968. La correlación lineal más fuerte de la década de los 60 entre los océanos y las AH, fue para el SATL/TSM/MinTemp, en el año de 1969. Donde, $r=0,912$, sig.=0,000 y $r^2= 0,832$, presentan una altísima variabilidad del SATL sobre la región del BSFS, de modo que las TSM influyeron en un 83,2% sobre las MinTemp en el BSFS, en este año. Los océanos TROPICAL y NATL también presentaron correlaciones L/P y L/N muy fuertes para el año de 1969. El océano TROPICAL/TSM/MinTemp $r= 0,858$, sig.=0,000, con r -cuadrado = 0,736 y NATL/TSM/MinTemp con el valor de r L/N ($r= -860$ y r -cuadrado= 0,739). Se verificó que en este mismo año la región Niño1+2/TSM/MinTemp, presentó el mayor índice de correlación significativa, con el valor de r , L/P, en que ($r= 0,953$, sig.= 0,000 y $r^2=0,909$). En la década de los 60 se observó para el año 1964 la mayor variabilidad de proporción de la región N1+2 sobre las AH, con un 84%, mientras que el año de 1969 llegó a 90,9% (**tabla 1**). El año de 1969, la región N1+2/TSM/MinTemp, presentó el mayor valor de correlación lineal significativa entre las regiones “Niños” y las AH en la década de los 60. De acuerdo con NOAA (2012, 2013), en la década de los 60 se verificó: 1962 (Niña-Débil/D), 1963 (Niño-Moderado/M), **1964** (Niña-D), **1965** (Niño-

Fuerte/F), **1967**(Niña-D), **1968** (Niño -M), **1969** (Niño-D). No se han encontrado series climáticas en el BSFS para los años 1962 y 1963. En la década de los 60 no hay registros escritos de ocurrencia de plaga de ratas en el BSFS. Tampoco está registrado como década de sequía en Sergipe según (Souza y Neto, 1999). Sin embargo, Desastre & Sociedad (1995) mencionan el año de 1966 como año de sequía, al mismo tiempo que seguida de inundación en provincias del Nordeste de Brasil.

En la década de los 70 (**tabla 2**), los años con VC disponibles en el BSFS fueron 1970, 1973, 1977 y 1978) identificados abajo.

Tabla 2. Resultados de correlaciones entre VC del BSFS/PIB en función de las ATSM y TSM de ROA en la década de los 70.

AÑOS SIN PLAGA EN EL BSFS	Anomalías ROA /BSFS	R	Sig. (0,000) (Bilaterall)	Tipo	Nível/Signif. 95%* 99%**	R ²	%
1970	N1+2- ATSM/MaxTemp	0,673*	0,016	L/P	99%	0,453	45,3
1970	N1+2-ATSM/ MinTemp	0,834**	0,001	L/P	99%	0,695	69,5
1970	N1+2-TSM/ MinTemp	0,808**	0,001	L/P	99%	0,653	65,3
1970	N3 - ATSM/ MinTemp	0,801**	0,002	L/P	99%	0,641	64,1
1970	N3-TSM/MinTemp	0,677*	0,016	L/P	95%	0,458	45,8
1970	N34-TSM/ MinTemp	0,739**	0,006	L/P	99%	0,546	54,6
1970	NATL - ATSM/ MinTemp	0,693*	0,012	L/P	95%	0,480	48,0
1970	SATL-TSM/ MinTemp	0,667*	0,018	L/P	95%	0,445	44,5
1970	TROPICAL ATSM/ MinTemp	0,700*	0,011	L/P	95%	0,490	49,0
1970	TROPICAL-TSM/ MinTemp	0,664*	0,019	L/P	95%	0,441	44,1
1973	N1+2-ATSM/ MaxTemp	0,785**	0,002	L/P	99%	0,616	61,6
1973	N1+2-TSM/ MaxTemp	0,656**	0,020	L/P	99%	0,431	43,1
1973	N1+2-ATSM/ MinTemp	0,694*	0,012	L/P	95%	0,481	48,1
1973	N1+2-TSM/ MinTemp	0,685*	0,014	L/P	95%	0,470	47,0
1973	N3-ATSM/ MaxTemp	0,713**	0,009	L/P	99%	0,509	50,9
1973	N3 - ATSM/ MinTemp	0,588*	0,044	L/P	95%	0,346	34,6
1973	N34-ATSM/ MaxTemp	0,610*	0,035	L/P	95%	0,371	37,1
1973	NATL-TSM/ MinTemp	-0,606*	0,037	L/N	95%	0,367	36,7
1977	N1+2-ATSM/Pluv	-0,682*	0,015	L/N	95%	0,465	46,5
1977	N1+2-TSM/Pluv	-0,629*	0,028	L/N	95%	0,396	39,6
1977	N1+2-TSM/ MaxTemp	0,605*	0,037	L/P	95%	0,366	36,6
1977	N3-ATSM/Pluv	0,787**	0,002	L/P	99%	0,619	61,9
1977	N3-ATSM/ MaxTemp	0,688*	0,013	L/P	95%	0,473	47,3
1977	N34-TSM/ MinTemp	0,652*	0,021	L/P	95%	0,426	42,6

1977	NATL/TSM/ MaxTemp	-0,582*	0,047	L/N	95%	0,339	33,9
1977	SATL-TSM/Pluv	0,590*	0,043	L/P	95%	0,348	34,8
1977	SATL/TSM/ MaxTemp	0,605*	0,037	L/P	95%	0,366	36,6
1977	TROPICAL-TSM/ Pluv	-0,617*	0,033	L/N	0,95%	0,381	38,1
1977	TROPICAL-TSM/ MinTemp	0,591*	0,043	L/P	95%	0,349	34,9
(Año/plaga/1978	N1+2-ATSM/Pluv	-0,694*	0,012	L/N	95%	0,482	48,2
1978	N1+2-ATSM/ MaxTemp	-0,787**	0,002	L/N	99%	0,620	62,0
1978	N3-ATSM/Pluv	-0,762**	0,004	L/N	99%	0,581	58,1
1978	N3-ATSM/ MaxTemp	0,715**	0,009	L/P	99%	0,511	51,1
1978	N3 - ATSM/ MinTemp	0,591*	0,043	L/P	95%	0,349	34,9
1978	N34/ATSM/ MinTemp	0,609*	0,035	L/P	95%	0,371	37,1
1978	TROPICAL/ ATSM/ MinTemp	0,608*	0,036	L/P	95%	0,370	37,0

En la década de los años 70 el cruzamiento entre las anomalías/ROA y VC/BSFS/PIB, no se verificó correlaciones lineales significativas entre el área del IOS y las VC/BSFS/PIB. Las mejores correlaciones lineales para las regiones niños en esta década, se observó a través de correlaciones L/P entre (N1+2-ATSM/MinTemp $r=0,834^{**}$; $\text{sig}=0,000$ y $r^2=0,695$); (N1+2-TSM/MinTemp; $r=0,808^{**}$; $\text{sig}=0,001$, $r^2=0,653^{**}$), en el año de 1970. Otras correlaciones muy fuertes, también L/P, en las regiones niños, para el año de 1970 fueron identificadas entre (N3ATSM/MinTemp: $r=0,801^{**}$ $\text{Sig}=0,002$; y $r^2=0,641$) y (N34TSM/MinTemp, $r=0,739$, $r^2=0,546$). Se observa una influencia muy fuerte de las regiones N1+2 y N3, con correlaciones L/P sobre las temperaturas mínimas en las AH para el año de 1970. Para este mismo año, el océano NATL presentó una única correlación lineal significativa sobre las VC de las AH y las mínimas de temperatura ($r=0,693^*$ con $r^2=0,480$). La mejor correlación para los océanos en esta década fue L/P en el TROPICAL-ATSM/MinTemp ($r=0,700^*$ y $r^2=0,490$). En el año de 1973, N1+2-ATSM/MaxTemp ($r=0,785^{**}$ y $r^2=0,616$) y N3/ATSM/MaxTemp ($r=0,713$ y $r^2=0,509$), las correlaciones entre ATSM de las regiones N1+2 y N3 y las máximas de temperatura fueron identificadas con las mejores relación para el valor de r. Y el océano NATL-TSM/MinTemp, presentó una correlación negativa ($r=-0,606^*$ y $r^2=0,367$). El año de 1977 las mejores correlaciones encontradas fueron correlaciones L/P entre N3-ATSM/Pluviometría ($r=0,787^{**}$ y $r^2=0,619$) y N3-ATSM/MaxTemp ($r=0,688^*$ y $r^2=0,473$) con respecto a las regiones “Niños”. El océano TROPICAL /TSM/Pluviometría

presentó un valor con r negativo ($r = -0,617^*$; $r^2 = 0,381$). El año de 1978, año de la primera ocurrencia de la plaga, se verifica las mejores correlaciones L/N para N1+2-ATSM/MaxTemp ($r = -0,787^{**}$; $r^2 = 0,620$) y N3-ATSM/Pluviometría ($r = -0,762^{**}$; $r^2 = 0,581$). Con respecto a los océanos NATL y SATL no se verificó correlaciones significativamente lineales en el año de 1978. El TROPICAL/ATSM/MinTemp para este mismo año se observó valores L/P de ($r = 0,608^*$; $r^2 = 0,370$). De acuerdo con Moura y Shukla (1981), la variabilidad de la TSM del Atlántico tropical, presenta una importancia significativa en los impactos sobre el clima del NEB. La década de los 70, de acuerdo con NOAA (2012, 2013), los años **1970** (Niña-M), 1971 (Niña-D), 1972 (Niño-F), **1973** (Niña-F), 1974 (Niña-D), 1975 (Niña-F), **1976 (Niño-D)**, **1977 (Niño-D)**. Los años 1971, 1972, 1974, 1975, 1976, no se ha encontrado registros de series de VC para el municipio de Neópolis. Tan poco hay registros escritos de la ocurrencia de la plaga de ratas para la década de los 70, excepto el año de 1978. El PIB tuvo su obra de construcción iniciada en 1975, con entrada de operación parcial en 1977 (Fonseca, 1988). El 1979, fue un año normal con respecto a la distribución de lluvias en Sergipe (Souza y Neto, 1999). En la década de los 70, los años 1970 y 1976 fueron años de sequía en la provincia sergipana (*Op.cit*). De acuerdo con Aragão (c-a, 2000), los años 1977 y 1978, fueron años normales, y 1979, año de sequía en el (n-NEB) norte del NEB.

Seguidamente, las décadas de 80, 90 y 00, se pasa a considerar como años de análisis en este estudio, aquellos identificados con ocurrencia de la plaga de ratas (Codevasf, 1986-1991; Elías, 1983, Sergipe, 1995, Santos, 2000). En la **tabla 3**, están registrados los resultados de análisis para la década de los 80.

Tabla 3. Resultados de correlaciones entre VC del BSFS/PIB en función de las ATSM y TSM de ROA en la década de los 80.

AÑOS CON REGISTROS DE PLAGA EN EL BSFS	Anomalías ROA /BFS	R	Sig. (0,000) (Bilaterall)	Tipo	Nível/Signif. 95%* 99%**	R ²	%
1982	N1+2-TSM/ MinTemp	0,756**	0,004	L/Positiva	99%	0,572	57,2

1982	NATL/TSM/ MinTemp	-0,582*	0,047	L/Negativa	95%	0,339	33,9
1983	IOS/ TempMax	-0,583*	0,047	L/N	95%	0,339	33,9
1983	IOS/ TempMin	-0,585*	0,046	L/N	95%	0,342	34,2
1983	SATL/ATSM/ MaxTemp	0,807**	0,002	L/P	95%	0,651	65,1
1983	SATL/ATSM/ MinTemp	0,680*	0,015	L/P	95%	0,463	46,3
1983	SATL/TSM/ MinTemp	0,677*	0,016	L/N	95%	0,458	45,8

En los años 80 (**tabla 3**) se verifico que como resultado para el índice de Pearson, la correlación lineal significativa más fuerte fue para las regiones “Niños”, entre N1+2-TSM/ MinTemp con el valor de r, L/P en que ($r=0,756^{**}$, y $r^2 = 0,572$) en el año de **1982**. En el cruzamiento entre las anomalías del NATL y las MinTemp, se verifica ($r= - 0,582^*$; sig.=0,047, y $r^2= 0,339$), y el SATL/ATSM con las máximas de temperatura, se observó valores muy fuertes ($r=0,807^{**}$; sig.=0,002, y $r^2= 0,651$) en el año 1983, correlación L/P, siendo el mejor resultados entre los océanos y las VC para esta década. En el año 1983 no se verificaron correlaciones lineales significativas entre las regiones “Niños” y las AH en el BSFS. Las correlaciones significativas se dieron tan sólo entre IOS/Temp/Min y IOS/TempMax, siendo las únicas entre IOS/VC/BSFS. En el año 1988 las regiones N3-TSM/Min, N34-ATSM/Min presentaron valores nulos con $r=0,000$, en SATL-TSM/Max ($r=0,000$, $r^2=0,000$), SATL-TSM/Min ($r=0,000$), TROPICAL/TSM/MinTemp ($r=0,000$), y el valor de r -cuadrado=0,000 para N34-TSM/MaxTemp. Estos resultados nulos no fueron expuestos en tabla. En el año 1988 apenas se observaron variaciones lineales significativas entre los cruzamientos realizados. La cuantificación del grado de relación lineal entre las ROA y las VC de las AH/BSFS fue muy poco significativa, habiendo un único valor para $p \leq 0,05$ (N34ATSM $r= 0,626^*$; $r^2=0,392$). Los resultados para la década de los 80 resultaran muy sorprendentes, en el sentido de que los años de 1982/1983 están caracterizados como años de eventos “Niño” muy fuertes (Diniz, 1998; Melo, 1999; Minuzzi *et al.*, 2006). Según NOAA (2012, 2013), la década de los 80, los años **1982** (Niño-F), **1983** (Niña-D); 1984 (Niña-D), 1986 (Niño M), **1987** (Niño-M) y **1988** (Niña-F). Los años 1984 y 1986, no se verificó incidencia de la plaga de ratas en los cultivos de arroz del BSFS. En el año de 1982 fue la segunda ocurrencia de la plaga desde el año de 1978, con continuidad en el

año de 1983 (Elias, 1983; Codevasf, 1986-1991; Sergipe, 1995; Santos, 2000). Conforme (Souza y Neto, 1999), en 1980 y 1983 fueron años de sequía en Sergipe. Y en el n-NEB los años: 1980 (normal), 1982, (sequía), 1983 (sequía muy fuerte), y 1989, año lluvioso (Aragão c.a 2000).

En la **tabla 4** están descritos los resultados para la década de los años 90.

Tabla 4. Resultados de correlaciones entre VC del BSFS/PIB en función de las ATSM y TSM de ROA en la década de los 90.

AÑOS CON REGISTROS DE PLAGA EN EL BSFS	Anomalías /BSFS	ROA	Sig. (0,000) (Bilaterall)	Tipo	Nivel/ Signif 95%* 99%**	R ²	%
1993	N1+2-ATSM/ MaxTemp	-0,700*	0,011	L/N	95%	0,490	49,0
1993	N3-ATSM/ MaxTemp	-0,670*	0,017	L/N	95%	0,450	45,0
1993	N4-TSM/ MinTemp	-0,662*	0,019	L/N	95%	0,438	43,8
1993	N34-ATSM/ MaxTemp	-0,643*	0,024	L/N	95%	0,413	41,3
1993	N34-TSM/ MaxTemp	-0,713**	0,009	L/N	95%	0,508	50,8
1993	SATL-TSM/ MinTemp	-0,710**	0,010	L/N	99%	0,504	50,4
1998	IOS/ TempMax	-0,627*	0,029	L/N	95%	0,393	39,3
1998	IOS/ TempMin	-0,820**	0,001	L/N	99%	0,672	67,2
1998	N1+2-TSM/ MinTemp	0,670*	0,017	L/P	95%	0,448	44,8
1998	N3 - ATSM/ MinTemp	0,761**	0,004	L/P	99%	0,579	57,9
1998	N3-TSM/ MinTemp	0,606*	0,037	L/P	95%	0,367	36,7
1998	N4/ATSM/ MinTemp	0,672*	0,017	L/P	95%	0,451	45,1
1998	N34 - ATSM/ MinTemp	0,795*	0,002	L/P	95%	0,631	63,1
1998	N34-TSM/ MinTemp	0,616*	0,033	L/P	95%	0,380	38,0
1998	NATL/TSM/ MaxTemp	-0,700*	0,011	L/N	95%	0,489	48,9
1998	NATL-TSM/ MinTemp	-0,825**	0,001	L/N	99%	0,680	68,0
1998	SATL/TSM/ MaxTemp	0,581*	0,048	L/P	95%	0,338	38,8
1998	SATL - ATSM/ MinTemp	0,501*	0,097	L/P	95%	0,251	25,1
1998	SATL-TSM/ MinTemp	0,662*	0,019	L/P	95%	0,438	43,8
1998	TROPICAL/ ATSM/ MinTemp	0,629*	0,028	L/P	95%	0,396	39,6
1999	IOS/Pluv	-0,681*	0,015	L/N	95%	0,464	46,4
1999	IOS/TempMax	0,802**	0,002	L/P	99%	0,644	64,4
1999	IOS/MinTemp	0,705*	0,010	L/P	95%	0,497	49,7
1999	N1+2TSM/Pluv	-0,584*	0,046	L/N	95%	0,341	34,1
1999	N1+2/TSM/MaxT	0,873**	0,000	L/P	99%	0,762	76,2
1999	N1+2/TSM/MinT	0,621*	0,031	L/P	95%	0,386	38,6
1999	N4/ATSM/MinT	0,800**	0,002	L/P	99%	0,641	64,1
1999	N4/TSM/Pluv	0,712**	0,009	L/P	99%	0,507	50,7
1999	N4/ATSM/MaxT	-0,809**	0,001	L/N	99%	0,654	65,4
1999	N4/TSM/MaxT	-0,754**	0,005	L/N	99%	0,568	56,8
1999	N4/ATSM/TSM/Min	-0,691*	0,013	L/N	95%	0,478	47,8

1999	N4/TSM/MinT	-0,697*	0,012	L/N	95%	0,496	49,6
1999	NATL/TSM/MaxT	-0,826**	0,001	L/N	99%	0,682	68,2
1999	NATL/TSM/MinT	-0,641*	0,005	L/N	95%	0,411	41,1
1999	SATL/ATSM/Pluv	0,636*	0,026	L/P	95%	0,404	40,4
1999	SATL/MaxTemp	0,682*	0,015	L/P	95%	0,465	46,5
1999	SATL/ATSM/MinT	0,733**	0,003	L/P	99%	0,598	59,8
1999	SATL/ATSM/MinT	-0,722**	0,008	L/N	99%	0,522	52,2

En la década de los 90 (**tabla 4**) se verificaron asociaciones muy fuertes, con una predominancia de correlaciones L/N en los años de 1993 (IOS, N1+2, N3, N4 y SATL), IOS en 1998, y 1999 (N1+2, N4, N34, NATL, SATL). Con respecto al IOS fue verificada una correlación significativa L/P muy fuerte en 1998 (IOS/TempMin $r=-0,820$; Sig. 0,001; $r^2=0,672$); y correlaciones negativas y positivas entre IOS y VC/AH para el año de 1999 entre IOS/Pluviometría ($r=-0,681$, $r^2=0,464$) y IOS/MaxTemp ($r=0,802$ y $r^2=0,644$), y IOS/MinTemp ($r=0,705$, $r^2=0,497$). Correlaciones lineales positivas muy fuertes en 1999 también fueron verificadas en las regiones “Niños” con valor L/P, entre (N4-ATSM/Pluviometría $r=0,800^{**}$, sig.=0,002; $r^2=0,641$) y correlaciones L/N (N4-ATSM/MaxTem; $r=-0,809^{**}$; sig.=0,001; $r^2=0,654$). La correlación más fuerte en la década de los 90 fue en 1999, en que r presentó un valor L/N entre las anomalías N1+2TSM/MinTemp ($r=0,873$ y $r^2=0,762$). Con relación a los océanos se encontraron los mejores valores para el coeficiente de Pearson, r negativo en (NATL/TSM/MaxTemp, $r=-0,826^{**}$, sig.=0,001; $r^2=0,682$), y en 1999 con (NATL/TSM/MinTemp, $r=-0,825^{**}$, sig.=0,001; y $r^2=0,680$) en 1998. De acuerdo con NOAA (2012, 2013), en los 90, el año de 1991 (Niño-M), **1994 (Niño-M)**, 1995 (Niña-D), **1998 (Niña-M)**, **1999 (Niña-F)**. Los años de 1991, 1994, 1995, no hubo ocurrencia de la plaga en las AH/BSFS/PIB. El año 1993 está clasificado por (Souza y Neto, 1999) como año de sequía muy fuerte en Sergipe y año de sequía muy severa en el n-NEB (Aragão, c.a. 2000). Los años de 1993 y 1998, fueron años de sequía muy severa en el n-NEB (Aragão, c.a. 2000). El “El Niño” de 1997/1998 fue considerado como el evento más fuerte del siglo pasado. El fenómeno provocó una sequía en el NEB de intensidad muy severa con resultados socialmente impactantes y también a niveles económico y ambiental (Freire, Lima, Cavalcanti, 2011).

En la **tabla 5** se verifica los resultados de la década de los 00.

Tabla 5. Resultados de correlaciones entre variables climáticas del PIB en función de las ATSM y TSM de ROA en la década de los 00.

AÑOS CON REGISTROS DE PLAGA EN EL BSFS	Anomalías /BSFS	ROA	R	Sig. (0,000) (Bilateral)	TIPO	Nivel/ Signif. 95%* 99%**	R²	%
2005	N1+2-TSM/ MinTemp		0,873**	0,000	L/P	99%	0,762	76,2
2005	N4/ATSM/ MinTemp		0,620*	0,031	L/P	95%	0,385	38,5
2005	NATL/TSM/ MaxTemp		-0,710*	0,010	L/N	95%	0,505	50,5
2005	NATL/TSM/ MinTemp		-0,942**	0,000	L/N	99%	0,887	88,7
2005	SATL/ATSM/ MaxTemp		0,756**	0,004	L/P	99%	0,571	57,1
2005	SATL/TSM/ MaxTemp		0,687*	0,014	L/P	95%	0,472	47,2
2005	SATL/ATSM/ MinTemp		0,606*	0,037	L/P	95%	0,368	36,8
2005	SATL/TSM/ MinTemp		0,952**	0,000	L/P	99%	0,906	90,6
2005	TROPICAL/ ATSM/ MinTemp		0,751*	0,005	L/P	95%	0,565	56,5
2009	N1+2-TSM/ MaxTemp		-0,719**	0,008	L/N	99%	0,517	51,7
2009	N1+2-ATSM/ MinTemp		0,652*	0,022	L/P	95%	0,425	42,5
2009	N1+2-TSM/ MinTemp		0,714	0,009	L/P	95%	0,510	51,0
2009	N3-ATSM/ MaxTemp		0,800**	0,002	L/P	99%	0,639	63,9
2009	N4-ATSM/ MaxTemp		0,869**	0,000	L/P	99%	0,756	75,6
2009	N4-TSM/ MaxTemp		0,779**	0,003	L/P	99%	0,606	60,6
2009	N34-ATSM/ MaxTemp		0,868**	0,000	L/P	99%	0,753	75,3
2009	N34-TSM/ MaxTemp		0,585*	0,046	L/P	95%	0,342	34,2
2009	NATL /ATSM Pluviometría		0,608*	0,036	L/P	95%	0,369	36,9
2009	NATL/ATSM MaxTemp		0,750**	0,011	L/P	99%	0,562	56,2
2009	NATL/TSM/ MaxTemp		0,705*	0,011	L/P	95%	0,496	49,6
2009	NATL//TSM/ MinTemp		-0,680	0,015	L/N	95%	0,462	46,2
2009	SATL/TSM/ MaxTemp		-0,618*	0,032	L/N	95%	0,382	38,2
2009	SATL/ATSM MinTemp		0,631*	0,028	L/P	95%	0,399	39,9
2009	SATL/TSM MinTemp		0,824**	0,001	L/P	99%	0,679	67,9
2009	TROPICAL/ATSM/ MaxTemp		0,789**	0,002	L/P	99%	0,623	62,3
2010	N1+2-ATSM/ Pluviometría		0,706*	0,010	L/P	95%	0,499	49,9
2010	N1+2-TSM/ Pluviometría		0,708**	0,010	L/P	99%	0,502	50,2
2010	N3-ATSM/ Pluviometría		0,771**	0,003	L/P	99%	0,595	59,5
2010	N3-TSM/ Pluviometría		0,747*	0,005	L/P	95%	0,559	55,9
2010	N4-ATSM/ Pluviometría		0,757**	0,004	L/P	99%	0,574	57,4
2010	N4-TSM/ Pluviometría		0,739**	0,006	L/P	99%	0,546	54,6
2010	N34-ATSM/ Pluviometría		0,761**	0,004	L/P	99%	0,579	57,9
2010	N34-TSM/ Pluviometría		0,762**	0,004	L/P	99%	0,581	58,1
2010	NATL-TSM/ Pluviometría		-0,659*	0,020	L/N	95%	0,435	43,5
2010	SATL-ATSM/		0,776**	0,003	L/P	99%	0,602	60,2

2010	Pluviometría SATL-TSM/ Pluviometría	0,726**	0,008	L/P	99%	0,527	52,7
2010	TROPICAL-ATSM/ Pluviometría	0,767**	0,004	L/P	99%	0,589	58,9
2010	TROPICAL-TSM/ Pluviometría	0,740**	0,006	L/P	99%	0,548	54,8

En la década de los 00 no se verificaron correlaciones lineales significativas entre las anomalías del IOS y de las VC/BSFS/PIB. Las correlaciones más fuertes de las regiones “Niños” fueron L/P entre N1+2-TSM/MinTemp con $r=0,873^{**}$, y $r\text{-cuadrado}=0,762$ para el año de 2005. Con respecto a los océanos, el año de 2005 el SATL fue identificado con los mayores índices de correlaciones significativas con las AH, donde el valor de $r=0,952$ y $r^2=0,906$, seguido por el océano NATL/TSM/MinTemp con r negativo, $r=-0,942^{**}$; $\text{sig.}=0,000$; $r\text{-cuadrado}=0,887$. De acuerdo con (Saravanan y Chang, 2000), en la ausencia de eventos ENOS (“el Niño y “La Niña”) sobre el océano Pacífico, la precipitación en el Nordeste brasileño, mantiene las correlaciones más fuertemente significativas con las anomalías de TSM (ATSM) del océano Atlántico Tropical Sur, que con anomalías del Atlántico Tropical Norte y Atlántico TROPICAL. En el año de 2009 la región N4-ATSM/MaxTemp presentó una correlación positiva muy fuerte con $r=0,869^{**}$, y $r^2=0,756$ para el año de 2009. Y en la región N34 se verificó N34ATSM/MaxTemp, un valor para r casi que igualándose a N4ATSM/MaxTemp, donde $r=0,868^{**}$ y con $r^2=0,753$. En el año de 2010 se verificaron correlaciones con los índices de Pearson muy próximos entre si, con el coeficiente de determinación variando proporcionalmente entre 43,5% a 60,2%, indicando que las ROA llegaron a influir en 60% en la región del PIB/BSFS. De acuerdo con NOAA (2012, 2013), la década de 00, los años 2000 (Niña-D), **2004 (Niño-D)**, **(2006-Niño-D)**, **2009 (Niño-M)**, **2010 (Niña-F)**, 2011 (Niña-D). En el BSFS conforme (Santos, 2000), la cosecha 1999/2000, el año 2000 no hubo plaga de ratas. Las ratas desaparecieron de los cultivos en noviembre de 1999, presentando los últimos daños para este año. La plaga vuelve a ser identificada en los años de 2005, 2009, y 2010 (Entrevista concedida por G. B. Vasconcelos Técnico/Embrapa a 03/05/2012). De acuerdo con (Boletín, 2012), la franja tropical del océano Atlántico presentó en el año de 2009, una situación de intenso enfriamiento con relación a años anteriores. El episodio de “La Niña”

del año de 2010, duró desde junio de 2010 hasta abril de 2012, presentando sus máximos de intensidad en octubre de 2010, y en enero de 2012. Una mínima acumulación mensual de precipitación de 1,6 mm, con temperaturas (27,7-22,60°C), y 14,0 mm (27,0-21,70°C) se registraron en marzo y noviembre de 2005, con máximas de 460,2 (25,0-22,0°C) para este mismo año, en mayo. El año de 2009, se verificó un acumulado total mínimo para este año de 6,4 mm de precipitación en marzo, con (26,8-22,2 0°C), y máximo de 492,3mm y (26,3-22,8) en mayo, en las AH (Ascondir, 2005, 2009). El 2010 se presentó como año de precipitaciones en las AH/BSFS. El período lluvioso en las AH es de marzo a agosto (Bomfim *et al.*, 2002).

4. DISCUSIÓN

Diversos autores (Diniz, 1998; Xavier, *et al*, 2003; Menezes, *et al.*, 2008; Moura *et al.* 2009; Pereira, *et al.*, 2011; Freire, *et al*, 2011), confirman que el evento ENOS ejerce una gran influencia sobre el NEB. Y, los períodos de sequía prolongada en el semiárido/NEB, se relacionan con eventos oceánicos atmosféricos (Moura and Shukla, 1981; Aragão, 1998; Folland *et al.*, 2001; Filho, 2005).

Según se pudo observar, en este estudio hay correlaciones fuertemente significativas entre las ROA y las AH/BSFS/NEB. Los valores para el coeficiente de determinación R^2 también identifican una proporción muy alta de las ROA sobre las AH. El aumento de la fluctuación de la población de ratas, “ratadas”, en el semiárido de Sur de América, y su asociación con el florecimiento de especies de bambú y el evento ENOS son identificadas por (Holmgren *et al*, 2001; Jaksic and Lima, 2003; Gallardo y Mercado, 1999). En nordeste de Asia, el florecimiento del bambú *Melocanna baccifera* (Bambusaceae) cada 50 años determina el aumento de la población de ratas de las florestas de *Melocanna* hacia los arrozales (Sarma, 2009). En el BSFS no se han encontrado estudios que relacionen la floración de la vegetación nativa y el ENOS. Según (Mendes, 1977), la vegetación herbácea del semiárido del NEB germina al mismo tiempo, a una escala de largos años. Conforme (Paiva y Campos, 1995), el aumento de la población de pequeños roedores en el semiárido del nordeste de Brasil, es una perturbación natural.

Conforme (Carballal *et al.*, 1988; Murúa *et al.*, 1986; Jiménez *et al.*, 1992; Meserve *et al.*, 1995; Cantoni *et al.*, 2001; Lima *et al.*, 2001; Zeballos *et al.* 2000 citados por Jaksic y Lima, 2003), se identificaron “ratadas” en 1977 (Buenos Aires (Argentina); (1979) X Región de Chile; en el verano de (1987-1988) para el otoño de 1988 en Aucó, Choapa, Chile; (1992-1993) en Fray Jorge, Limari/Chile; (1997-1998) Argentina; verano de 1998 en Aucó, Choapa en Chile; 1998 en Arequipa, Perú.

En este estudio se observa una coincidencia de “ratadas” en años de las décadas, 70, 80, 90 entre áreas de países de Sur de América y el NEB. Según (Monteiro, 1962; Barros, 1985; Santos, 2000), la presencia de ratas en las AH era conocida por los agricultores, sin embargo, el río SF actuaba como un factor natural de control. En este estudio se verificó que los años con ocurrencia de “ratadas”, mayormente, fueron años relacionados al evento ENOS y años de sequía en el NEB.

5. CONCLUSIONES

Los años categorizados como años/ENOS sin registro de ocurrencia de plaga (60, 70), presentan asociaciones muy significativas con las ROA. La plaga puede haber ocurrido en algún de estos años, sin manifestarse de forma relevante.

El IOS tan sólo presentó asociaciones significativas con las VC/BSFS en los años 1965, 1983, 1998 y 1999. Se verificó una variación muy positiva y creciente de correlaciones significativamente fuertes en la década de los 90, volviendo a caer en la década 00.

En las décadas estudiadas, la región N1+2-TSM/MinTemp, se verificó el mayor número y las mejores correlaciones para los lagos “Niños”, seguida por la región N34.

Con respecto a los océanos, el SATL/TSM parece ejercer una mayor influencia sobre las VC/MinTemp en las AH/BSFS incrementando la variabilidad de las correlaciones con estas áreas con sus mayores índices de asociaciones en las décadas 90 y 00. Y, para el océano TROPICAL se observó

un incremento de correlaciones sobre las VC/BSFS, y en los años 60 y 90 influyendo en las (MinTemp), en los 70 en las (MinTemp y Pluv), y en los 00 (Max, MinTemp y Pluv).

Hay una tendencia a un incremento de asociaciones y variabilidad de correlaciones fuertes entre las ROA y las AH/BSFS en años ENOS. Además del evento ENOS, puede haber otros factores como: sequía, germinación de semillas del semiárido, o otros fenómenos de las ROA con interferencia en el NEB no investigados por este estudio, y que puedan influir en las “ratadas” en los VH/BSFS. El estudio sugiere que las “ratadas” en los arrozales, puede ser el mismo fenómeno identificado por (Gallardo y Mercado, 1999; Lima *et al.*, 1999; Jaksic, Lima, 2003). Y, posiblemente se origina en el semiárido/BSFS, bajando a los arrozales. Se concluye que hay correlaciones lineales significativas con valores muy fuertes para r al nivel crítico de $p \leq 0,05$ y $p \leq 0,01$ entre las ROA y las VC/AH/BSFS, en años “niños”, con o sin ratadas. Los valores de r^2 indican porcentuales muy altos, evidenciando de que las ROA influyen grandemente en las áreas húmedas sergipanas.

Agradecimientos

Al Prof. Dr. Inajá Francisco de Souza (Depto. de Agronomía/UFS/Brasil, por ceder los datos climatológicos de su archivo personal sobre la “Várzea Betume”/PIB (década de los 90);

Al Dr. Luis Alfredo Icochea Salas, Oceanógrafo y Profesor de la Universidad Nacional Agrarias de La Molina/Perú, que mucho contribuyó cediendo informaciones sobre las ROA;

A los amigos Joelma Evany Polmateer y David Adrian Luthanen (EEUU) fue muy útil vuestra ayuda.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aragão, José Oribe Rocha de. O impacto do ENSO e do dipolo do Atlântico no Nordeste do Brasil. Bull. Inst. fr. études andines. 27 (3): 839-844. 1998.

Aragão, J. O. R. de. A previsão da precipitação no norte do nordeste do Brasil para o período chuvoso de fevereiro a maio: os anos: 1997/98. Secretaria de

Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente/Departamento de Hidrometeorologia. C.a., 2000.

Ascondir. Estación Meteorológica. Platô de Neópolis. Dados climáticos mensuales: 2005; 2009.

Barros, H. O. M. de. Modernização agrícola autoritária e desestruturação do ecossistema: o caso Baixo São Francisco. Cad. Est. Soc., Recife. 1(1):97-113. 1985.

Boletín del ENOS N° 47. *Fase neutral del ENOS*. Instituto Meteorológico Nacional. 4 de junio 2012.

Bomfim, Luis F. C.; Costa, Ivanaldo V. G. da.; Benvenuti, Sara M. P. Diagnóstico do município de Neópolis. *Projeto cadastro da infra-estrutura hídrica do Nordeste- Estado de Sergipe*. Aracaju, Maio, 2002.

Chinchill, B. R., Phillips, Mauger D. T. & Szeffler, S. J. A. General class of correlation coefficients for the 2x2 crossover design. *J. Biom*, vol. 47, 5, 644-653. 2005.

CODEVASF. *Ficha técnica do Perímetro Irrigado Betume*. (1999). Aracaju: SEPRE/CODEVASF. 4ª Superintendência Regional. (11p). 1999.

_____. *Relatório trimestral de execução*. Assessoria de Planejamento e Coordenação – 4ª SRP. Aracaju. (1981-1996)/1996.

_____. *Relatório técnico de potencialidade de área: Perímetro Irrigado do Betume*. 1995.

_____. *Inventários dos projetos de irrigação*. Brasília – Ministério da Agricultura e Reforma Agrária/secretaria Nacional de Irrigação, (160p). 1991.

_____. *Projeto de emergencia: pequenas várzeas - Baixo São Francisco*. Brasília: Ministério do Interior/SIRAC, (3p). 1976.

Desastre & Sociedad. Relación histórica resumida de las sequías del Nordeste. Especial: la sequía en el Nordeste del Brasil.(Julio- Diciembre), N°5, Año 3, 59-70. 1995.

Diniz, Francisco de Assis. *El niño e sua influencia no período de inverno de 1977 em algumas regiões do Brasil*. Bull. Inst. fr. études andines, 27 (3): 771-778. 1998.

Elías, Donald J. *El problema de roedores en el proyecto de riego del bajo San Francisco. Status e recomendações* (informe final). 1983.

Filho, José Vieira Camelo. A dinâmica política, económica e social do rio São Francisco e do seu vale. *Revista do Departamento de Geografia*. (83-93). 2005.

Folland, Chris K., Colman, Andrew W., Rowell, David P. and Davey, Mike K. Predictability of Northeast Brazil rainfall and real-time forecast skill, 1987-98. *Hadley Centre for Climate Prediction and Research, met Office, Bracknell, Berkshire, United Kingdom*. 2001.

Fonseca, Vânia. *A intervenção do estado no Baixo São Francisco sergipano*. Tesis de Doctorado no publicada, Universidade Estadual Paulista: Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro, Brasil. 1988.

Freire, Julliana Larise Mendonça, Lima, Jeane Rafael Araújo, Cavlacanti, Enilson Palmeira. Análise de aspectos meteorológicos sobre o Nordeste do Brasil em anos de El Niño e La Niña. *Revista Brasileira de Geografia Física*. 4(3) 429-444, 2011.

Gallardo, Milton H., Mercado, Claudia, mast seeding of bamboo shurubs and mouse outbreaks in southern Chile. *Mastozoologia Neotropical*; 6(2):103-111, 1999.

Holmgren M., Stapp, P., Dickman, CR. *et al.* A synthesis of ENSO effects on drylands in Australia, North America and South America. *Advances in Geosciences*. European Geosciences Union. 2006.

Holmgren, Milena; Scheffer, Marten; Ezcurra, Exequiel, Gutiérrez, Julio R. Gutiérrez and Mohren, Godefridus M.J. El Niño effects on the dynamics of terrestrial ecosystems. Review *TRENDS in Ecology & Evolution* Vol.16 No.2 February, 2001.

Jaksic, Fabian M., Lima Mauricio. Myths and facts on ratadas: bamboo blooms, rainfall peaks and rodent outbreaks in South America. *Austral Ecology*, 28. 2003.

Junior, José de Senha Pereira. *Nova delimitação do semi-árido brasileiro*. [versión electrónica]. Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados. <http://b.d.câmara.gov.br>. 2007.

Lima, Mauricio, Marquet, Pablo A. and Jaksic, F.M. El Niño events, precipitation patterns and rodent outbreaks are statistically associated in semiarid Chile. *Ecography* 22, 213–218. 1999.

Melo Josemir Camilo de. O fenómeno El Niño e as secas no Nordeste do Brasil. *Raízes*. Ano XVIII, Nº 20, novembro/99, pp. 13-21. 1999.

Menezes, Ellen Alencar Hudson, Brito, José Ivaldo Barbosa de, Santos, Carlos Antonio Costa dos, Silva, Lindenberg Lucena da. A relação entre a temperatura da superfície dos oceanos tropicais e a duração dos veranicos no Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.23, n.2, 152-161, 2008.

Mendes, Benedito Vasconcelos. *Biodiversidade e desenvolvimento sustentável do semi-árido*. Fortaleza: SEMACE. 1997.

Merino, Antonio Pardo; DÍAS, Miguel Ángel Ruiz. *SPSS 11 Guía para el análisis de datos*. Madrid. 2002.

Minuzzi, Rosandro Bolignon, Sedimaya, Gilberto Chohaku, Costa, José Maria Nogueira da, Vianello, Rubens Leite. Influência do fenómeno climático El Niño no período chuvoso da região Sudeste do Brasil. [versión electrónica]. *Gografia*, 15(2),jul/dez. 2006.

Monteiro Carlos Augusto de Figueredo. Aspectos geográficos do Baixo São Francisco. In: *17 Assembléia Geral*. Penedo). Relatório. Penedo, Alagoas. 1962.

Moura, Geber B. de A., Aragão, José O. R. de, Melo, José S. P. de, Silva, Ana P. da Silva, Giongo, Pedro R., & Lacerda, Francinete F. (2009). *Revista Brasileira de Engenharia Ambiental*, v.13, n.4, p.462-469. Campina grande, PB, UAEA/UFCG-<http://www.agriambi.com.br>. 2009.

Moura, A. D., Shukla, J. On the dynamics of droughts in northeast Brazil-. Observation, theory e numerical experiments with a general circulation model. *J. atmos. Sci.*, 38, 2653-2675. 1981.

NOAA. *El Niño and la Niña years and intensities base on Oceanic Niño Index (ONI)* in: http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ens. 2012 (consultado en mayo/jun/jul/agos/2012, 2013, jun/jul).

Orozco, Olga Lucía Puertas, Escobar, Yesid Carvajal. Incidencia de El Niño-oscilación del sur en la precipitación y la temperatura del aire en Colombia, utilizando el Climate Explorer. *Ingeniería & Desarrollo*. Número 23. Enero-Junio. 2008.

Paiva Melquíades Pinto, Campos, Eduardo. *Fauna do nordeste do Brasil conhecimento popular*. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil. 1995.

Pereira, Vágna da Costa, Sobrinho, José Espinhola, Oliveira, Alexsandra Duarte de, Melo, Talyana Kadja de, VIEIRA, Ramon Yogo Marinho. Influência dos eventos el Niño e La Niña na precipitação pluviométrica de Mossoró-RN. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer- Goiânia, 7(12); pp. 1-13, 2011.

Pierson, Donald. *O homem no vale do São Francisco*: Ministério do Interior: Suvale. 1972.

Pizarro, C. J.; Pizarro, J.A; Vásquez, H. Composición y abundancia de artrópodos epígeos del Parque Nacional Llanos de Challe: impactos del ENOS de 1997 y efectos del hábitat pedológico. *Revista Chilena de Historia Natural* 78: 635-650, 2005.

Ramos, Veralúcia Oliveira Coutinho. *Pesca, pescadores e políticas no baixo São Francisco Sergipe-Brasil*. Dissertação de (Mestrado). Publicada. NESA: Universidade Federal de Sergipe. 1999.

Retana, José; Solera, Manuel, Solano Johnny. *Efecto de la variabilidad climática sobre la fluctuacion poblacional de la rata cañera (S. hispidus) en cañas, Guanacaste*. Taboga: Instituto Meteorologico Nacional Gestion de Desarrollo Hernán Alvarez; Ingenio Taboga, Manejo de Plagas. c.a. 2000.

Santos, Gedália Cruz. *Relação sociedade-natureza e a problemática da infestação de roedores (ratos) em área irrigada cultivada com arroz (Oriza sativa L.) no baixo São Francisco sergipano*. Tesis de Maestría no publicada. NESA: Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, Sergipe, Brasil. 2000.

Sarma, V. V. Flowering of *Melocanna baccifera* (Bambusaceae) in northeastern India. *CURRENT SCIENCE*, (Vol. 96, N° 9, 10, May 2009).

Saravanan, R., Chang, P. Interaction between tropical Atlantic variability and El Niño-Southern Oscillation. *Journal of Climate*. v. 13, n. 13, p. 2177-2194, 2000.

Sergipe. *Enciclopédia dos municípios do estado de*. 1996.

_____. Serviço de vigilância sanitária regional de. *Projeto para controle de roedores no Estado de Sergipe*. 1995.

Sigaud, L. *Efeitos sociais de grandes projetos hidrelétricos: as barragens de sobradinho machadinho*. Programa de Pós-Graduação em antropologia do Museu Nacional. 1985.

Souza, I. F. de, Neto, A. O de A. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. *Comportamento da precipitação, pluviométrica durante o período chuvoso em anos de eños no Estado de Sergipe*. Florianópolis. Anais Florianópolis/SC. 1999.

Spiegel, Murray R. *Estadística*. 2º ed. España: McGraw. 2000.

SUVALE/ANCARSE. *Plano de ação para os vales húmidos do baixo São Francisco*. Aracaju: ANCARSE. 1972.

Xavier, T. de M.B. S., Xavier, A. F. de S., Dias, S., M. A. F. da. Interrelação entre eventos ENOS (ENSO), a ZCIT (ITCZ) no Atlântico e a chuva nas bacias hidrográficas do Ceará. *RBRH-Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. Volume 8, n.2, Abr/jun, 111-126, 2003.

<http://www.agritempo.gov.br/agroclima/sumario?uf=SE>. (consultado em mayo/Jun/Jul/Ago/Sep. de 2012)

<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/soi> (consultado em mayo/Jun/Jul/Ago/Sep. de 2012)

<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/ersst3b.nino.mth.ascii> (consultado em mayo/Jun/Jul/Ago/Sep.de 2012).

<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/sstoi.atl.indices>. (consultado em mayo/Jun/Jul/Ago/Sep. de 2012).

CAPÍTULO 6

A THEORETICAL ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL CHANGE FROM FLOODPLAIN RICE FIELDS TO IRRIGATED PERIMETERS: A CASE STUDY IN THE SAN FRANCISCO SERGIPANO LOW VALLEY IN THE NORTHEAST REGION OF BRAZIL²⁰

²⁰ Artículo aceptado para publicación en: WIT Transactions on Ecology of the Environment. WIT PRESS, 2017, e International Conference on Environmental Impact 2018-4th International Conference on Environmental and Economic Impact on Sustainable Development. WIT PRESS.

A THEORETICAL ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL CHANGE FROM FLOODPLAIN RICE FIELDS TO IRRIGATED PERIMETERS: A CASE STUDY IN THE SAN FRANCISCO SERGIPANO LOW VALLEY IN THE NORTHEAST REGION OF BRAZIL

GEDÁLIA C. SANTOS

Department of Economy and Social Sciences, Polytechnic University of Valencia, Spain

ABSTRACT

Four decades after the construction of the Sobradinho Dam, the consequences associated with the modification of the course of the San Francisco River can be verified through the environmental impacts on the use of the land: the cultivation of rice through flooding has changed to cultivation in “Irrigated Perimeters” in the San Francisco Sergipano Low Valley. Currently, the shortage of agricultural technicians, water distribution in the crops along with the increase in rat plagues and in fish farming in the irrigated perimeters are some of the consequences that have brought about economic losses for the farmers in addition to the potential loss of traditional rice cultivation in the valley. This article is a case study which compares the characteristics between traditional and current models in the use of land and production systems, the advantages and disadvantages of the Irrigated Perimeters and the restoration strategies for this area. A tendency to return to traditional agricultural work both with and without the help of technology was discovered in this study. Future prospects for sustainable development depend on government action taken with respect to the San Francisco River.

Keywords: Betume, environmental change, floodplain, San Francisco Sergipano Low Valley, Propriá, Sobradinho.

1 INTRODUCTION

The North-East of Brazil (“NEB”) is a region that has a semi-arid climate where water is a limited resource and is characterized by an irregular occurrence of precipitation in both spatial and temporal scale. For a long time the San Francisco Sergipano Low Valley (“SFSLV”) was fed by the San Francisco (“SF”) tributary river. The SFSLV is the result of the SF River movement: its waters erode the outer banks widening its relief, producing a fertile valley, the San Francisco Valley (“SFV”). For centuries the SFV was irrigated by the fluvial seasonal SF River flooding, as a natural characteristic of the area of land adjacent to a stream or river which was flooded, marking the freshwater floodplain. The meanderings of the SF River over time and the general topography in this area in the NEB region, this interaction river-valley determined the shape of the numerous floodplain ecosystems. The SFV is one of the sub-regions within NEB, based on the SF River which according to Souza et al. [1] is subdivided into four stretches: High, Middle, Sub-Middle and Low San Francisco (location of the SFSLV). For a long time this region has been seen as an example of the natural interaction between river and floodplain systems [2]. As a result of this natural process over centuries, an agroecosystem with its traditional landscape and land use were formed in the SFSLV. In the NEB region the SF River has played an important role in popular culture, as part of its history, economy and social aspects in relation to water, land use and the coexistence of communities in the valley. The

environmental changes in the SFSLV took place after the construction of the hydroelectric Sobradinho Dam, causing a change in the course of the SF River. As a consequence, the natural floodplain areas with traditional rice cultivation were changed to Irrigated Perimeters [3]-[8]. The Sobradinho Hydroelectric Project is located in the SF River in the state of Bahia, approximately 40 Km upstream. With a river basin area of 498 969 km², and its potential to generate power locally, the Sobradinho reservoir can also regulate the annual flow of the downstream hydroelectric projects of Itaparica, Moxoto, Paulo Afonso and Xingo. Aside from the above-mentioned, it also supplies water for irrigation, navigation, flood protection and agricultural projects which are supplied with 25 m³/s for irrigation water [1]. In spite of its important role, Barros [8] reports that the Sobradinho Dam changed the overall balance of the ecosystem in the Low San Francisco and the human activity in relation to the use of SF River. “The traditional irrigation system reflects tangible and intangible assets that endow the rural landscape with personality and identity and represent a valuable cultural heritage” [9]. The wetlands perform many important functions on different ecological levels and are considered to be one of the most productive and valuable ecosystems and also the most endangered one [10]. This study makes a theoretical assessment on the environmental changes in the SFSLV. It compares the use of the land and the production system models before and after the environmental changes, the advantages and disadvantages of Irrigated Perimeters and points out the strategies for restoration in these areas. This article is a case study in comparing the characteristics between traditional and current models in the use of land and production systems in the SFSLV.

2 MATERIAL AND METHODS

The study took place in the Irrigated Perimeter Betume (IPB) 10° 26' 8" S and 36° 32' 23" W (Neópolis) and Irrigated Perimeter of Propriá (IPP) in Propriá 10° 12' 49" S and 36° 50' 28" W [11], that is part of the SFSL Valley, state of Sergipe 9° 31' 54" and 11° 34' 12" S and 36° 24' 27" and 38° 11' 20" W, NEB, Brazil [12]. Both floodplains were cultivated through traditional rice cultivation by the SF River flooding before the environmental changes in the SFSLV. Propriá is included within the semi-arid tropical zone and Neópolis within the sub-humid zone [13]-[14]. The research is based on a bibliographic review, direct observation and the use of individual interviews with key open questions, applied to the discriminatory sampling of key informants who were selected based on the topic and aim of the research [15]. The individual interviews with open questions which were asked to key informants represented by: 2 farmers (rice growers) from IPB; the IPB group with 01 Agronomist, 01 agricultural technician and the Administrator of the IPB; and 01 Agronomist/farmer (rice grower) and 01 agricultural technician in the IPP and the Regional Administrator of the Irrigated Perimeters (CODEVASF/Sergipe/Brazil) in the SFSLV. The farmers' key informants in the IPB and IPP were interviewed about the purpose of study with respect to the SFSLV floodplains *versus* Irrigated Perimeters and about differences in the use of the land and production system before and after the environmental changes. The field study and bibliographic review identified the advantages and disadvantages of the irrigated perimeters, and finally the IPB group, the agricultural technician in the IPP and the Regional Administrator of the

Irrigated Perimeters were interviewed regarding a restoration strategy for these areas. The interviews were conducted on an individual level and registered in audio and audio-visual records, later registered in writing, on Dec. 2015.

3 RESULTS AND DISCUSSION

This study looked at: the use of the land and production systems in the SFSLV, the advantages and disadvantages of the Irrigated Perimeters in the SFSLV and restoration strategies for these areas.

3.1 Use of the land and production systems in the SFSLV

Table 1: A comparison of the use of the land and production systems in the SFSLV before and after the environmental changes.

Traditional System (Floodplain)	Irrigated System (Irrigated Perimeters)
SF flooding was the principal natural resource (fluvial energy) and regulator of the floodplain agro ecosystem	Water storage in the Sobradinho Dam generates hydraulic energy and regulates the volume of flow of SF River
Water collection/distribution through natural flooding from SF River (river-floodplain)	Water collection/distribution regulated by irrigation and drainage systems
Organic soil fertilization (“colha”)	Use of chemical products for soil fertilization
Natural cycle system production based on the flooding in the SF River with fishing, rice fields and ranching	Predominance of rice cultivation
Territorial organization made up of open field, flooded area, humid and dry soil and pastures	Territorial organization made up of plots of land from 3,4 to 9 ha
Supplementary work for rice grower families: traditional fishing, ranching and family farming	Supplementary work for rice grower families: small scale fish farming and ranching without the use of technology
Basic maintenance of agroecosystem through natural river cycle and cattle	Basic maintenance of agroecosystem using agricultural machinery
Variations in rodent fauna in the semi-arid area were regulated by the flooding of SF river, without economic losses to rice growers	Variations in rodent fauna in the Irrigated Perimeters were regulated by rice growers thus bringing economic losses
The SF cycle served as a natural barrier against rodent plagues in the rice fields	Use of pesticides against rodent plagues controlled by rice growers
Workforce by family, “meeiros” (a mode of remuneration used in the SFSLV), “renting” and leasing of land	Workforce by family and wage labour
Market system with a middleman	Untrammled free market system with monopolization of rice business in the region
Fishing - directly linked to flooding soil conditions	Introduction of fish farming for business purposes

Table based on key study questions, field observation and a bibliographic review.

3.1.1 Advantages and disadvantages of the irrigated perimeters in the SFSLV
Advantages: a) Improvement in the quality of life for those who live in floodplain areas; b) Rice growers themselves become the owners of cultivated land in the floodplain; c) Implementation of basic sanitation in this region; d) Increase in rice productivity in these areas; e) Introduction of fish farming as a new means of production and commercialization.

Disadvantages: a) Breakdown in the ecological river-floodplain relationship with environmental impacts on these areas; b) Loss of popular cultural traditions connected to SF River; c) Loss of traditional culture of conservation and preservation of river's ecosystem; d) New generations move to the city, leaving behind traditional means of production linked to the land; e) Commercialization of rice is governed by free market; f) Risk of rice growers replacing rice cultivation for fish farming; g) Lack of specific legislation and monitoring with respect to administrative procedures in sustainable land use and irrigation in the SFSLV floodplains.

3.2 Strategy for restoration in these areas:

a) Development of renewable technology by replacing hydraulic energy with solar and wind energy; b) Maintenance of the flow volume of SF River; c) Recovery of autochthonous species in fauna and flora; d) Reincorporation of organic materials in soil; e) Use of sub-soiling to reduce soil compaction; f) Cost minimization; g) Maximization of productivity; h) Elimination of a middleman and processing of rice in irrigated perimeters; i) Investment in ecotourism and environmental education; j) Legislation and regulation to promote sustainable irrigation practices; l) Willingness of politicians to put sustainable development projects into practice.

The Irrigated Perimeters were introduced in the SFSLV as a result of the change to the course of the SF River. The interaction between the SF River and its floodplains ecosystem play a key role with respect to ecology, human activities, economy and cultural history in the Low San Francisco. In [3]-[8], [16]-[19] the environmental changes in the Low San Francisco (sub region of NEB) were directly linked to the building of reservoirs by using dams, especially in the case of the Sobradinho Dam which altered the course of the SF River. Consequently, these changes have brought permanent and negative environmental effects to this region. Moreover, the fluvial processes, which were the SF River's natural driving force in this agroecosystem, no longer exists. Irrigation and drainage systems replaced the natural spread of water through flooding in the floodplains. Fonseca [17] reports this change included modern techniques such as building ditches, irrigation canals, bridges, water pump structures, control stations, roads and others elements which have backed up the new production system. In this context, the water management of the fluvial ecosystem as the basis of cultural, social and traditional agricultural systems was changed, breaking the natural cycle of flooding in the floodplain ecosystems. As

a result, the traditional production system (fishing, rice fields and ranching) dependant on the SF River and its territorial organization were changed. The natural organic soil fertilization is known by rice growers as “colha” and [20] “colha” - a natural deposit of 2 to 3 cm of organic material, carried into floodplains by the SF River, together with cattle and ovine manure - was substituted by chemical products. In [21], the environmental conditions in the SFSLV are a result of incorrect government decisions which changed the natural cycle of the production system involving flooding in the SF River. The predominance of intensive cultivation and its territorial organization in flooded rice-field floodplains was changed to land divided into plots. Supplementary economic activities (fishing, ranching and small-scale farming) for rice growers in the traditional flooded system were changed to “family fish farming” and ranching without the help of technology. Fishing as a natural and cultural activity in this area was substituted by fish farming. The constant losses stemming from difficulties in obtaining water and rat plagues have driven some rice growers to substitute the cultivation plots for fish farming as their main economic activity. For example, in the Propria Irrigated Perimeter [22] reports that there was a serious risk that some rice growers may leave the irrigation rice cultivation behind for fish farming. In Neto et al. [23] and in [24] report the fish farming first appeared in the SFSLV in the 1980 `s as an alternative to complement and substitute the traditional activities such as fishing and small-scale farming in the floodplains. In [25] Fish farming is very much on the rise in Brazil and in [26], the production of some fish species is of important commercial value due to its demand in both the U.S and European markets. Currently in the SFSLV, fish production is an extra source of income for families and given the importance of small-scale fishing in the region, policies along with rural and technological development programs are necessary for the sustainable development of this activity in the SFSL region [23]. The family labor force continues to be very important in the SFSLV. The “meeiros” and “renting” were substituted by land owners with their own family labor force and work without contracts according to the need in these plots. Rice growers suffer great economic losses due to the fact that they are unable to process their rice in an uncontrolled free market system, monopolized by the middleman [22]. Another serious problem in this region is the irregular rodent outbreaks which occur in an irregular temporal scale, but in the same spatial scale. From 1978 to 2015 serious outbreaks of rodent plagues appeared in 1978, 1982-83, 88, 1993, 1998-99, 2005, 2009-10 and 2015 in the irrigated perimeters [2], [18], [27]-[28]. In these areas, the natural river cycle took care of basic maintenance which is currently controlled with agricultural machinery. With respect to the traditional production system before environmental changes occurred and Góis et al. [24] report the relations of production were unfavorable to “meeiros” and both big and small-scale rice growers. The agricultural practices were very primitive, the rice grower lacked basic health services (especially concerning malaria and schistosomiasis), running water, basic education, technical assistance and the land was unevenly distributed (most land owned by just a few people).

Currently, the Irrigated Perimeters in the SFSLV are responsible for 5-8 thousand direct and indirect jobs in the region with 1,500 families benefitting from the Irrigated Perimeters project. Productivity has increased in the last three years, and Sergipe is in 3rd place among rice- producing provinces in the NEB [29]-[30]. However, the environmental impact and critical points can be seen in

these areas concerning erosive processes, problems with obtaining water in the Irrigated Perimeters, the free market system, the increase of soil salinity in the perimeters and in the SF River water, all of which are harmful to people's health. In [31]-[34] changes in the river's volume of flow, restriction of leisure zones in order not to lose agricultural areas, loss of fauna and flora, a compromised sustainability situation and a development model that doesn't take the conservation and preservation of natural resources in this region into account. Therefore, this model doesn't contribute to improving the population's quality of life. Floodplains are part of the drainage system of rivers in Junk and Sparks [35], and one of the most threatened ecosystems types [36], and such as the wetlands which, in [37] reports, play a significant role in agricultural landscape and in rural development. The floodplain areas in the SFSLV need governmental policy and action for its conservation and sustainable use. In [38], although the concept of sustainability has become popular and widely used since the Brundtland Report, it remains vague and elusive with regard to its empirical implementation. Mendes [39] reports, the objective of sustainable development is to ensure protection of human life in all aspects. In [21], the environmental impact in the SFSLV was a consequence of incorrect governmental decisions and in [16] without previous environmental evaluation in these areas. Since the beginning of time, human history has shown a dependence on floodplain ecosystems in relation to human life, as the concept of sustainable development indicates. In the SFSLV, since the first human settlements in XVI in this region, human life has been connected to the SF River [40]. Through sustainable policies and strategies involving restoration and prevention, the government administration can improve environmental conditions in these floodplain areas which are currently suffering negative environmental impacts. Decisions regarding future projects in the SF River could determine the future of the area and its people.

In conclusion, this study has shown that the differences identified between floodplains (rice fields) and Irrigated Perimeters in relation to land use and its production system in the SFSL Valley were: the natural water-soil cycle and the condition of the soil (flooding soil, flooded rice-field and dry soil), soil fertilization method, production cycle, territorial organization, supplementary work to contribute to household incomes, work division, basic services and the commercialization system of rice. The rodent fauna was strongly influenced by changes. The Irrigated Perimeters have improved the quality of life of the population. However, there isn't a positive balance between Irrigated Perimeters and sustainable development in the SFSLV region. Traditional fishing was substituted by fish farming with some rice growers abandoning rice cultivation. The strategies proposed in this article could decrease the environmental impact in this area and also help government with respect to decisions concerning sustainable development.

REFERENCES

- [1] Souza, J.A. de, Conte, A.E., Cavalcanti, A.J.C.T., Vasconcelos, A.A. de, *The Sobradinho reservoir and the São Francisco river control during Xingo Dam construction.*
- [2] Santos, G.C., Environmental changes and temporal distribution of Rodentia in North-east Brazil (NEB), and its link to the Niño Southern oscillation (ENSO)

- and droughts in the region. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, vol. 192, WIT Press: Southampton and Boston, pp. 33–41, 2015.
- [3] CODEVASF. *Projeto de emergencia: pequenas várzeas-Baixo São Francisco*. Brasília: Ministério do Interior/SIRAC, pp. 3, 1976.
- [4] CODEVASF. *Relatório de comissão construída através da determinação 001/83 da 4ª DR, para avaliação de lotes do Projeto Betume Sequeiro*, Aracaju, Fev, 1983.
- [5] CODEVASF. *Ficha técnica do Perímetro Irrigação Betume*, Aracaju: SEPRE/CODEVASF. 4ª Superintendência Regional, pp.11, 1999.
- [6] CODEVASF. *Plano de desenvolvimento integrado do Baixo São Francisco*, s/1, repro, 1977.
- [7] SUVALE/ANCARSE. Estado de Sergipe/Serviço de Extensão Rural/ANCARSE. *Plano de ação para os vales úmidos do Baixo São Francisco*. SUVALE/ANCARSE, Aracaju, 1972.
- [8] Barros, H.O.M. de, Modernização agrícola autoritária e desestruturação do ecossistema: o caso do Baixo São Francisco. *Cad. Est. Soc.*, Recife, (1)1, pp. 97-113, Jan/Jun., 1985.
- [9] Martinez, S. & Viñals, M.J., Enhancing the traditional Mediterranean irrigation agroecosystems: a case study of the rivers Túria and Júcar (Valencia. Spain). *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, vol. 192, WIT Press: Southampton and Boston, pp. 45-54, 2015.
- [10] Picazo, T.A.J., Martínez, E.R., Estruch, V., Farming efficiency and the survival of valuable agro-ecosystems: A case study of rice farming in European Mediterranean wetlands. *Open Environ. Sci.* 3, 69-78, 2009.
- [11] CODEVASF. *Relatório técnico de potencialidade de área: Perímetro irrigado do Betume*, 1995.
- [12] Franco, E., *Biogeografia do Estado de Sergipe*, Aracaju: Governo do Estado, 1983.
- [13] Bomfim, L.F.C., Costa, I.V.G. da, Benvenuti, S.M.P, *Diagnóstico do município de Propriá. Projeto cadastro da infra-estrutura hídrica do Nordeste- Estado de Sergipe*. Aracaju, 2002.
- [14] Bomfim, L.F.C., Costa, I.V.G. da, Benvenuti, S.M.P, *Diagnóstico do município de Neópolis. Projeto cadastro da infra-estrutura hídrica do Nordeste- Estado de Sergipe*. Aracaju, 2002.
- [15] Peña, A.Q., Metodología de investigación científica cualitativa in: Quintana, A. y Montgomery, W. (eds), *Psicología: Tópicos de actualidad*. Lima: UNMSM, 2006.
- [16] Ramos, V.O.C., *Pesca, pescadores e políticas no Baixo São Francisco Sergipe-Brasil*. Dissertação de (Mestrado). Publicada. NESA: Universidade Federal de Sergipe, 1999.
- [17] Fonseca, V., *A intervenção do estado no Baixo São Francisco sergipano*. Tesis de Doctorado, Universidade Estadual Paulista: Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro, Brasil, 1988.
- [18] Santos, G.C., *Relação sociedade-natureza e a problemática da infestação de roedores (ratos) em área irrigada cultivada com arroz (Oriza sativa L.) no Baixo São Francisco Sergipano*. Presented at Master's degree, Núcleos de Estudos do Semi-Arido-NESA, Universidade Federal de Sergipe: Aracaju, pp.175, 2000.

- [19] Sigaud, L., *Efeitos sociais de grandes projetos hidrelétricos: as barragens de Sobradinho*. Programa de Pós-Graduação em antropologia do Museu Nacional, 1995.
- [20] Andrade, C. de., *A terra e o homem no Nordeste*, ed. 4ª. São Paulo: Liv. Ed. Ciências humanas, 1980.
- [21] Oliveira, C.H. de A., França, V.L.A., Castaneda, D.N., Transformações no Baixo São Francisco Sergipano. *Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina—20 a 26 de março de 2005* – Universidade de São Paulo, 2005.
- [22] Person, J.A.M, Personal communication, 11 December 2015, Head of Farmers. Agronomist/Farmer, Irrigated Perimeter Propriá, Brasil.
- [23] Neto, T.F.R., Silva, A.H.G. da, Guimarães, I.M., Gomes, M.V.T., Piscicultura familiar extensiva no Baixo São Francisco, Estado de Sergipe, Brasil. *Acta Fish. Aquat. Res* 4(1), pp. 62-69, 2016.
- [24] Góis, J.A. de; Paiva, M, de F.A., Tavares, S.M., Projetos de irrigação no Vale do Baixo São Francisco. *Texto para discussão, n° 268*, Jul, 1992.
- [25] Bueno, G.W., Tavares, F.A., Canzi, C., Roubach, R., Produção de peixes cultivados em reservatórios: a capacidade de suporte. *Revista Panorama da Aquicultura*, 21(126), pp. 48-63, 2011.
- [26] Ribeiro, M.R.F. et al., The fish farming in the hydroelectric reservoirs in the mid and low São Francisco river, a semiarid region of northeast Brazil. *Acta Fish. Aquat. Res*, 3 (1), pp. 91-108, 2015. DOI 10.2312/ActaFish.2015.3.1.91-108.
- [27] Santos, G.C., Variación y proporción de varianza de (ROA) regiones océano atmosféricas y (AH) áreas húmedas en años ENOS con o sin ocurrencia de “ratadas”, el caso del (BSFS) Bajo San Francisco Sergipano, (NEB) Nordeste de Brasil. *Revista Digital de Medio Ambiente “Ojeando la Agenda”*, (24), pp. 1-27, Jul, 2013.
- [28] Santos, G.C., Variación de daños provocados por ratas en arrozales del Baixo São Francisco Sergipano (BSFS). *Revista Digital de Medio Ambiente “Ojeando la Agenda”*, (23), pp. 2-25, May, 2013.
- [29] Rizicultura em Perímetros Irrigados Sergipanos da CODEVASF cresce em mais de 70% Online. http://www.maxpress.com.br/Conteudo/1,681374,Rizicultura_em_perimetos_sergipanos_daCodevasf_cresce_em_mais_de_70_681374,4.htm. Accessed on: 18 Jan. 2017.
- [30] Person, R.M. Personal communication, 10 December. 2015, Regional Administrator of the “Irrigated Perimeters” (CODEVASF/Sergipe/Brazil).
- [31] Casado, A.P.B., Holanda, F.S.R., Araujo, F.F.A.G., Yagui, P., Bank erosion evolution in São Francisco River. Viçosa, Brasil. *Rev Bras Ciênc Sol*, Viçosa (26), pp. 231-239, 2002.
- [32] Holanda, F.S.R., Santos, L.G. da C., Santos, C.M. dos, Casado, AP.B., Pedrolli, A., Ribeiro, G.T., Riparian fragments affected by bank erosion in the Lower São Francisco River, Northeastern Brazil. *Rev Árv*, 29 (2), pp. 148-152, 2005.
- [33] Holanda, F.S.R. et al., Análisis multitemporal e caracterização dos procesos erosivos do Baixo São Francisco Sergipano. *Rev Bras Geom*, 8(2), 87-96, 2007.
- [34] Nhampossa, J.A., Gomes, L.J., Brito, F.B., Neto A. de O.A., Índice de sustentabilidade do Perímetro Irrigado Betume, Baixo São Francisco

- Sergipano-Sergipe. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.11, nº 1, pp. 1135-1144, 2017. ISSN 1982-7679.
- [35] Junk, W.J, Barley, P.B., Spark, E., The flood pulse concept in river-floodplain systems. Symposium. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci*, pp. 106, 1989.
- [36] Aznar, B.J., Guitart, A.V.E., *Valoración de activos ambientales: teoria y caos*, Valencia: Universitat Politècnica de València, pp. 246, 2012.
- [37] Mioduszewski, W., The protection of wetlands as valuable natural areas and water cycling regulators. *J. Water Land Dev.*, no. 10, pp. 67-78, 2006.
- [38] Reig, E., Aznar, J., Estruch, V., A comparative analysis of the sustainability of rice cultivation technologies using the analytic network process. *Span J Agric Res*, 8(2), pp. 273-284, 2010. ISSN: 1695-971-X.
- [39] Mendes, B.V., *Biodiversidade e desenvolvimento sustentável do semi-árido*, Fortaleza: SEMACE, 1977.
- [40] Pierson, D., *O homem no vale do São Francisco*, Rio de Janeiro: Ministério do Interior, SUVALE, 1972.

CAPÍTULO 7

DISCUSIÓN y CONCLUSIONES

7.1. Discusión General

A continuación procedemos a introducir la discusión contextualizada del análisis de datos, con base en los aspectos metodológicos y los objetivos de la investigación descritos en el desarrollo del estudio, en los artículos capítulos, del 2 al 6.

En respuesta a los planteamientos y los objetivos específicos del **capítulo 2** en el **objetivo 2.1.**, podemos afirmar que las características de la perturbación por plaga de roedores en el PIB y en todo el VBSFS con cultivo del arroz, se asocian respectivamente a factores causales y factores condicionantes, de orden natural y antrópica. La plaga no es permanente en los arrozales, y puede pasar años, sin su ocurrencia en la escala espacial del Valle BSFS.

Según Oliveira, França y Castaneda (2005), la región del Valle BSF fue objeto de las malas acciones o intervenciones poco correctas que ocurrieron y siguen ocurriendo en las subcuencas a “montante” del río SF. Como resultado, en los últimos años esta región presentó un nivel de degradación muy significativo, lo que se deriva en la reducción de actividades socioeconómicas. Varios sectores usuarios del río SF han sufrido las consecuencias de las grandes estructuras hidráulicas, las presas, implantadas por el Gobierno Federal para fines de generación de energía. Conforme a Barros (1985) en el caso de Sobradinho y sus obras hidroeléctricas adicionales, la alteración en el flujo mínimo del caudal del río tuvo como resultado un efecto extremadamente negativo sobre el sistema tradicional de agricultura de “vazante” (agricultura de inundación a las orillas del río SF). Este tipo de cultivo tradicional en los humedales del Valle BSF, se practicaba durante el periodo de las inundaciones anuales, a las orillas del río. Sobradinho fue construida cerca de mil kilómetros a la “montante” de los humedales, en el curso medio del SF, y como consecuencia cambiaría la elevación del caudal mínimo de cerca de $1.000 \text{ m}^3/\text{s}$ para $2.100 \text{ m}^3/\text{s}$ y la reducción del caudal máximo de cerca de $5.500 \text{ m}^3/\text{s}$ para $4.500 \text{ m}^3/\text{s}$. Como resultado para la región, los impactos se harían ver por la inutilización tanto en las tierras altas como en las tierras bajas. Las primeras estaban amenazadas por inundaciones permanentes, y las tierras bajas por la imposibilidad de la ocurrencia natural de las inundaciones durante las crecidas anuales del río SF. De acuerdo con Góis, Paiva y Tavares (1992), antaño a las alteraciones por los proyectos hidroeléctricos a “montante” del área de los Perímetros Irrigados, el caudal mensual variaba en un flujo medio mínimo entre $700 \text{ m}^3/\text{seg}$ y $1.850 \text{ m}^3/\text{seg}$ en septiembre, para un máximo entre $2.500^3/\text{seg}$ y

11.250³/seg, en febrero. Por tanto, como señala Fonseca (1988), los “Perímetros Irrigados” implantados en los humedales fueron un proyecto de urgencia como vía de solución en estas áreas. Como resultado de estos cambios ambientales, en este estudio hemos identificado pérdidas de orden del espacio físico, por el cambio del cauce del río SF. También, con la eliminación del modelo cíclico del paisaje y de las inundaciones naturales, se observaron transformaciones a nivel del sistema tradicional de producción y en relación con el uso del suelo.

La respuesta al sondeo aplicado con el objetivo de identificar las causas de la plaga, un 69,84% de los 63 agricultores del PIB (Ver: Cap. 2, p. 28), los que vivieron antaño o durante el periodo de los cambios ambientales en la región, confirman la hipótesis de que los cambios ambientales contribuyen a la proliferación de los roedores en estas áreas, sin embargo, no son los factores causales de su ocurrencia. Como identifican Paiva y Campos (1995), la plaga de pequeños mamíferos como los roedores es una perturbación natural de la fauna del semiárido de la NEB. Los mismos agricultores mencionan a la plaga de antaño, como un evento largo en el tiempo y que de tanto en tanto podría aparecer. Y según observó Barros (1985), las inundaciones funcionaban como una barrera de protección contra la plaga de roedores y de caramujos en los humedales. Conforme a Santos (2000), la escala temporal de la plaga de tanto en tanto, y su biología reproductiva, según las observaciones de Moojen (1952), coincidían con el periodo de inundaciones de los humedales (Ver: Anexo III, **Diagrama 1**). Por lo visto, el río llevaba los animales con los nidos y sus crías. Igualmente, este proceso fue observado por Cruz (1983) en la provincia vecina, en cultivos de cacao (*Theobroma cacao*), en el Estado de Bahía. Lo que sugiere el comportamiento de la perturbación según lo indicado en Mares, Willig y Lacher (1981), Streilein (1982), y Paiva y Campos (1995) es que la plaga siempre ha sido un fenómeno natural en esta región y en los humedales. No obstante, las características de la plaga evidencian que los cultivos de arroz no es el hábitat permanente que alberga los géneros (especies) de los roedores, los que realizan sus movimientos de tanto en tanto en estas áreas. Si la plaga de variación irregular es un factor natural y autóctono al semiárido de la NEB, entonces, el movimiento de estos pequeños mamíferos hacia los humedales es preexistente a los factores de orden antrópica que interactuaron con este ambiente. De modo que los cambios ambientales no constituyen factores causales, pero son factores condicionantes, que pasaron a contribuir con la proliferación y permanencia de la plaga durante su escala temporal de ocurrencia en los “Perímetros Irrigados”. Los géneros

autóctonos y las respectivas especies identificadas tienen por hábitat la “Caatinga” y el “Cerrado” (Anexo 1: **Tabla 1**), que constituyen biomas del semiárido de la NEB. Los humedales de antaño, zona subhúmeda (Agreste), en la actualidad ocupados por los “Perímetros Irrigados”, están ubicados entre los ecosistemas clasificados según Duque (1964), como zona semiárida y zona húmeda. Debido a que los hábitats naturales fueron masivamente eliminados en estas áreas, asimismo es de gran importancia el desarrollo de estudios sobre los movimientos de los roedores entre el semiárido y los “Perímetros Irrigados” (Agreste).

En relación con la escala temporal de ocurrencia de la plaga en el VBSFS (**Objetivo 2.2.**), los años entre 1978 y 2010, excepto el año 1993 (Cap 2: **Tabla 1**), todos los años investigados fueron caracterizados por el evento ENOS. Esta misma escala temporal también caracterizada por la plaga en el Valle BSFS, coincide con años del evento ENOS, y al mismo tiempo que se daba el fenómeno de la sequía periódica (“Seca periódica”)²¹ en el semiárido de la NEB (1982-83, 93, 98, 2005 y 2010), o baja pluviometría en el área de estudio (1982-83, 88, 93, 98, 2005, 2010).

En literatura más reciente, con datos actualizados sobre los años de sequía en el semiárido de la NEB conforme señalan Marengo, Alves y Cunha (2016), se verifica que tan solo los años 1988, 1999 y 2009, identificados por el muestreo de la escala temporal con ocurrencia de la plaga, no se incluyen como años de sequía en el semiárido de la NEB. Sobre este punto: en el Cap. 2: apartados 2.1. y 2.1.1., y en la **Tabla 1**, en lo que concierne al año 2010 se debe leer LMAP²², y ver los datos actualizados (Anexo 1: **Tabla 5**). El año 1988, que según Aragão (1998), Marengo, Alves y Cunha (2016) fue un año lluvioso en el semiárido, no obstante en el área de estudio los índices pluviométricos estuvieron muy por debajo de la MAP (Cap 2: **Tabla 1**). Y el 1999, conforme a Marengo, Alves y Cunha (2016) fue un año lluvioso en el semiárido, sin embargo, en el área de estudio se verificó una MAP por debajo de la pluviometría anual. Lo que se explica por la gran variabilidad climática a nivel temporal y espacial en la NEB, abordado por Moura y Shukla (1981), Folland et al. (2001), Junior (2007), Marengo (2008), Moura et al. (2009), Lucena, Filho y Servain (2011) y Marengo et al. (2011).

²¹ Mendes, B.V. Op. Cit.

“Seca Periódica”: Es una sequía característica del régimen pluviométrico de la NEB. Se la identifica por la ausencia de los pastos rastreros anuales y del crecimiento de las ramas en la vegetación leñosa, además de la falta de la pluviometría durante la estación lluviosa.

²² LMAP (Low Media Annual Precipitation).

El **objetivo 2.2**, en lo que concierne al cruce entre las anomalías de precipitación en el VBSFS en función de las ROA, no se verificó un dominio de promedios anuales de correlaciones lineales en la escala temporal investigada (Cap 2: **Tabla 2**). Sin embargo, en estos años de plaga, predominaron las asociaciones positivas entre las VC y las RN; y negativas entre las VC y el IOS en relación con el VBSFS. Además, se verificó una predominancia de correlaciones negativas entre el IOS y la RN, lo que también podría influir en los resultados obtenidos. Y aun predominó años cuya MAP fue muy baja o por debajo de la normal (Ver: Cap 2: **Tabla 1**). Estos resultados indican un estado de déficit pluviométrico durante el periodo investigado, de modo que las ROA tienden a influir negativamente en la pluviometría del VBSFS, en la zona subhúmeda, tal como en área semiáridas de la NEB, en los años de eventos “El Niño”. Asimismo, otros fenómenos podrían influir en las condiciones climáticas locales.

El movimiento irregular de la perturbación de pequeños roedores en el VBSFS, igualmente sugiere una similitud con el fenómeno de las “ratadas” en otros países de Sur de América, durante el evento ENOS. La ocurrencia del movimiento de estos animales de tanto en tanto, se registra en las regiones semiáridas de varios países en el continente sudamericano, y también en áreas áridas de otras partes del planeta de acuerdo con los estudios desarrollados por Jaksic (1998), Lima, Marquet y Jaksic (1999), Marshall, Bleich y Ballard (2002), Aplin et al. (2003), Jaksic y Lima (2003), Stenseth et al. (2003), Holmgren et al. (2001) y (2006). La ocurrencia de las “ratadas”, conforme a Ali et al. (2008), es particularmente común en el sudeste australiano, suroeste de los EEUU, en el semiárido subsahariano y en el Sur de América. Se sugiere que la plaga en el VBSFS integra un fenómeno de la fauna Rodentia a nivel de ciertas latitudes en la tierra y cuyos ecosistemas guardan una relación importante con las condiciones climáticas de zonas semiáridas y áridas del planeta.

Según Sergipe (1995) la especie más relevante y responsable de los daños en los cultivos del arroz en la región del VBSFS está identificada como el *Holochilus sciureus*. Esta misma especie también es la principal plaga de roedores en los cultivos de arroz en Sur de América conforme a Eiris y Barreto (2009). Y según identifican Poleo y Mendoza (2004), INIA (2004), Poleo, Pignone y Mendoza (2008), Román (2012), y Mejías y Ramírez (2015), el *Holochilus sicureus* constituye la principal plaga en los cultivos de arroz en Venezuela. Según identificó Sergipe (1995) el *Holochilus sicureus* es la especie

de mayor predominancia en los arrozales del VBSFS, seguida por el *Oryzomys subflavus*. Esta similitud con Venezuela, podría deberse a características específicas en la biología reproductiva de la especie en relación con los factores climáticos del continente Sudamericano, a los que están sometidos los ecosistemas en estas regiones.

En el **capítulo 3**, en respuesta al **objetivo 3.1**, lo que se señala con respecto a la variable efecto de incidencia de la plaga en los estadios/fases del ciclo del cultivo del arroz, la estación de mayor ocurrencia de la plaga y la presencia de predadores, es que las respuestas de los agricultores del PIB también confirman y coinciden con los resultados verificados en las observaciones de campo. Aunque se observó que el ataque por los roedores incide en todas las etapas del ciclo del cultivo, los mayores daños ocurren en la fase vegetativa, en el estadio de plántula (Ver: Cap. 3: **Tabla 1**). En cuanto al sondeo sobre la estación climática, aunque el porcentual más significativo de las respuestas por los agricultores fue la estación lluviosa (Cap. 3: **Tabla 2**), las observaciones de campo en 1999 demostraron que los daños se dieron durante la estación no lluviosa en el PIB. En Venezuela, “un modelo de simulación genérico de una productora de arroz”, Mejías (2014) demostró que durante el período seco, la incidencia de ratas en el cultivo es leve, sin embargo, conforme a Mejías y Ramírez (2015, p.108): “[...] *al inicio del período lluvioso no existen ratas en el cultivo. Luego, la población tiene un gran crecimiento debido a la inmigración []*”. Según Jaksic (1998), en el semiárido chileno, la mayor incidencia de las “ratadas” se relaciona con los períodos lluviosos. En Tobago (Costa Rica), durante el período de altas temperaturas, estación seca, la incidencia de la rata cañera es estadísticamente baja (Retana, Solera y Solano, 2000).

En la comparación entre la escala temporal de ocurrencia de la plaga y el suceso del evento ENOS entre 1978-2015, se observó que la perturbación ocurrió en años de “El Niño”, pero también en años del binomio “El Niño (“La Niña”). Las observaciones en el campo en 1999 indicaron que la mayor incidencia observada para la plaga fue entre septiembre-noviembre. Esta escala de tiempo mantiene una relación de asociación específica con la “sequía estacional” local, en la que los meses septiembre-octubre y febrero-marzo integran la estación cálida y relativamente seca en el PIB, conforme el registrado en CODEVASF (1983). Este periodo a su escala anual, igualmente se identifica con los meses de inundación de los humedales en los años que precedían a los cambios ambientales según Monteiro (1962) y Paiva y Campos (1995). Las observaciones de

campo no confirmaron la presencia de la variable predadores de los roedores, y el trabajo de combate es hecho tradicionalmente, por cacería con perros (Cap 2: **Fig. 2**, Anexo II, **Fig. 1**). El uso de este método en cultivos de arroz es citado por algunos autores como Alfonso y Sumanjil (s/f), Santos (2000) e INIA (2004), Mejías (2014), Mejías y Ramírez (2015); y según Alfonso y Sumanjil (s/f), Santos (2000) e INIA (2004), como el más eficaz contra la plaga.

En relación con la incidencia de los daños en las fases del ciclo del arroz, y en cuanto a la ocurrencia estacional de la plaga, los resultado según la encuesta aplicada a los agricultores (Cap. 3: **Tablas 1 y 2**) coinciden con las observaciones de campo y con los análisis estadísticos verificados conforme a los resultados registrados en el (Cap.4: **Tablas 1 y 2, Fig. 2**).

En el **objetivo 3.2.**, el análisis sobre las correlaciones entre ATSM y las temperaturas en el muestreo del estudio en Propriá y en el PIB, a través del Coeficiente de Pearson (r), los resultados identificaron la presencia de correlaciones positivas en el cruce con las Regiones Niños (RN) y asociaciones negativas con la región IOS. Lo que es un indicativo de que las ATSM contribuyen mayormente para al aumento de las temperaturas en la región. El cruce entre las categorías oceánicas (Atlántico Norte (NATL), Atlántico Sur (SATL), la categoría Tropical (TROP) y las MxTp y MnTp evidenció una tendencia a un mayor número de asociación no lineal, y en menor grado, correlación lineal. Estas últimas se identifican con un aumento de las temperaturas del aire en el área de estudio. En Colombia, Aristizabal (2000) también observó un aumento en las temperaturas del aire durante periodos de la ocurrencia del evento "El Niño". De acuerdo con Guimarães (2012), los eventos ENOS generan un impacto muy significativo en la temperatura del aire en la NEB. En lo que concierne a la composición de la flora (**objetivo 3.3.**), se verificó la presencia de géneros de la Poaceae, una familia autóctona de la mata ciliar del río SF. Esto puede ser un indicativo de la existencia de otras familias igualmente autóctonas de antaño a los cambios ambientales, y que en la actualidad podrían ser encontradas en el área de estudio.

En el **capítulo 4** hemos verificado el comportamiento de la plaga en el ciclo de cultivo del arroz en el PIB. Los resultados en lo que dicen respecto de los daños y su significancia, el análisis de la varianza identificó que existen diferencias significativas en la fase de siembra, en el estadio de plántula, en el que se observó la mayor incidencia de

daños. Los resultados se corresponden con los de otros autores como Cheaney y Jennings (1975), Kumar et al. (2013) que también observaron daños en este estadio. Asimismo se observó la ocurrencia de daños en todas las fases del ciclo del cultivo. Este resultado está conforme a Twigg (1962), Elías (1983) e INIA (2004). Según Bomford (1987) la calidad y disponibilidad de alimento, aspectos nutritivos en relación con las distintas fases del ciclo del cultivo del arroz, y el bajo nivel de algunas vitaminas en el estado de madurez del grano del arroz, podrían constituirse en algunos factores a determinar a que los roedores ataquen más el cultivo del arroz en su fase inicial de desarrollo. Otros factores no verificados por este estudio igualmente podrían haber influido en los resultados obtenidos.

En relación con la variación de daños en las parcelas, se verificó que la misma parcela con varianza de daños en el ciclo del cultivo del arroz, la 339, también presentó la mayor significancia para los daños comparados con la parcela 341. Por lo que podría relacionarse con factores como su localización, el mantenimiento, parcelas vecinas sujetas a limpieza, etc. O, según indican Bronw, Phung y Nguyen (2010), hay factores en la escala del paisaje que afectan los daños causados por los roedores en cultivos del arroz. Igualmente, identifica que podría haber una relación de asociación entre daños causados por roedores y la distancia de los cultivos de los tributarios, sin embargo, es difícil confirmarlo en términos de escala espacial. Las características de los daños observados en el campo coinciden con lo descrito por Twigg (1962), Poleo y Mendoza (2004), Poleo, Pignone y Mendoza (2008), Román (2012) (Anexo II: **Figs. 2-5**), como los daños causados por la rata arrocera (*Holochilus sicureus*). Aunque la ocurrencia de la plaga en los “Perímetros Irrigados” ha sido recurrente, con 11 ciclos durante cuatro décadas (1978-2015), todavía hay un vacío de estudios en cuanto a la actividad de los roedores y los daños en el campo. No hay un acompañamiento o investigación de campo por parte de las autoridades responsables de los perímetros sobre el comportamiento de la plaga.

En el **capítulo 5**, cuando se estimaron y analizaron el comportamiento de las VC del Valle BSFS en función de las TSM(ATSM) de las ROA no se verificó un número significativo de promedios lineales para la escala temporal investigada. Aunque en menor número en comparación con las correlaciones no lineales, se pudo observar asociaciones lineales muy fuertes, cuyos valores de r^2 indican altos porcentuales de influencia de las ROA sobre las VC del área de estudio. Los resultados indicaron que hay una tendencia a que las ROA incrementen su relación de asociación lineal con las variables del VBSFS. En

el año 2010 (Anexo 1: **Tablas 2, 3, 4**), los cruces demostraron un modelo sorprendente en cuanto la Pluviometría en función de las RN, con todos los lagos (n_{1+2} , n_3 , n_{34} y n_4) asociándose positivamente (r positivo) con las TSM (ATSM), y asimismo, las categorías SATL y TROP. En el área de estudio se registrarán valores por debajo de la MAP (Ver: Cap 2: **Tabla 1**), y los estudios actualizados según Marengo, Alves y Cunha (2016) (Anexo 1: **Tabla 5**) identifican que el 2010 fue marcado por una sequía severa en el semiárido de la NEB. Por lo que, el modelo de correlaciones para el año 2010 puede ser un indicativo futuro de que las RN y la categoría oceánicas SATL y TROPICAL podrían intensificar sus asociaciones con las VC del Valle BSFS, contribuyendo con déficit pluviométrico. El comportamiento de la categoría Atlántica, el SATL, los resultados del estudio se identifican con Andreoli y Kayano (2007) y Moura et al. (2009), que verificaron una influencia muy significativa de correlación entre el Atlántico Sur y la Pluviometría en la NEB. El lago Niño 1+2 (Anexo II: **Fig. 6**) está asociado al índice ENOS N1+2 y se caracteriza como una zona de transición entre el Pacífico Ecuatorial Central y Oriental. También es una zona de resurgencia costera, sensible a cambios estacionales e interanuales de los procesos de interacción océano-atmósfera según señalan Díaz (2008) y SNET (2009). Esta región oceánica, también mantiene correlaciones muy importantes con el área de estudio. Al modo general, los índices de IOS y los lagos n_{34} y n_4 son los más mencionados en la literatura en tanto mantienen asociaciones más fáciles de caracterizar en relación con el evento ENOS según señalan Díaz (2008), SNET (2009), Moura et al. (2009), y por tanto influyen significativamente en la NEB. La región del Índice de Oscilación del Sur también se identifica con una posibilidad de incrementar sus asociaciones negativas con la Pluviometría en el VBSFS, por tanto un pronóstico de bajos índices pluviométricos para el futuro en la región.

Se verifica una tendencia hacia un aumento en las correlaciones entre las ROA y las VC del área de estudio, con un movimiento significativo a influir en la disminución, sobre el déficit pluviométrico en el área de estudio (contribuyendo con sequías en la región). Aunque en pequeño número, las asociaciones lineales corresponden a elevados porcentajes en r^2 , que indican que la influencia de las ROA sobre el área de estudio es muy significativa.

Los años caracterizados por la perturbación de la plaga (1978, 1982-83, 88, 1998-99, 2005, 2009-10) fueron años marcados por el evento ENOS, incluyendo el 2015. Y el año

1993, el que NOAA (2012-17) no incluye como año de evento ENOS, fue un año de sequía severa en la NEB conforme a Aragão (ca. 1999), Desastres y Sociedad (1995), Souza y Neto (1999), Marengo, Alves y Cunha (2016), y ver (Cap. 2: **Tabla 1**). Entre las décadas de 60 y 70 hasta el año 1977, no se identificaron registros sobre la incidencia de la plaga en el VBSFS, no obstante, se observa la presencia de años con eventos ENOS de magnitud fuerte. Como por ejemplo, según NOAA (2017) los años 1965-66, 1972-73 fueron marcados por evento ENOS fuerte, por lo que se sugiere que hubo movimiento de la plaga en el área de estudio. Sin embargo, como ya se mencionó anteriormente y fue identificado en los estudios de Cruz (1983), Barros (1985), y Santos (2000) y (2015), las inundaciones dentro de los humedales funcionaban como barrera ecológica contra la plaga (Ver: Anexo III: **Diagrama 1**).

Y finalmente, en la actual década, el año 2015 también fue caracterizado por el evento ENOS y de intensidad muy fuerte, y en el que hubo ocurrencia de plaga en los “Perímetros Irrigados”. Este año fue precedido por largo periodo de sequía en el semiárido de la NEB, el que según Marengo, Alves y Cunha (2016), con un evento de sequía que duró del 2012 hasta el 2015. En 2015 la plaga volvió a ocurrir en los “Perímetros Irrigados”, aunque en una menor proporción de pérdida en el campo, debido a una reorganización en el calendario del plantío. Sin embargo, en áreas de secano, las que no están incluidas en el muestreo en este estudio, áreas no irrigadas de Brejo Grande (VBSFS), las pérdidas llegaron a un 80% para los agricultores de (Sergipe, 2015).

La perturbación por las “ratadas” asociada a los eventos climáticos, todavía no fue suficientemente estudiada, de manera que se puedan precisar más concretamente las relaciones de interacción entre estos fenómenos (factores abióticos-bióticos). Por tanto es una línea importante de investigación futura. Se añade a esto, que los pronósticos de la ocurrencia de los eventos ENOS tienden a ir en aumento.

En cuanto al modelo actual del PIB como objetivo del **capítulo 6**, la comparación entre el sistema de producción y el uso del suelo en el VBSFS (Ver: Cap. 6, **Tabla 1**), los resultados indican que las modificaciones se dieron a nivel de toda estructura ecológica, e incluyeron todos sus factores bióticos y abióticos en la relación con el ecosistema río-humedal. Y esto debido a que la eliminación de sus factores naturales, se dio tanto a nivel de los elementos bióticos (flora y fauna) como de los abióticos (físicos y químicos), rompiendo las relaciones que sostenían estos agroecosistemas naturales tradicionales. Los

cambios se dieron a nivel físico y fueron definitivos, con el desvío del cauce del río, y según Martins et al. (2011) con impactos severos en el régimen del caudal del SF. Pero también en el modelo tradicional del paisaje conforme a Santos (2000) y (2015), y según Fonseca (1988), por la introducción de nuevos elementos a nivel de su organización territorial. Asimismo, en el sistema natural de fertilización de las tierras del valle, lo que conforme a Barros (1983) se mantenía por las inundaciones del río, por tanto también a nivel químico. Y a su nivel energético natural como agroecosistema de humedal, pasó a tener como soporte la energía hidroeléctrica.

En el VBSFS los impactos pueden ser identificados como resultados de eliminación de las características naturales de los ecosistemas de humedales, y según CODEVASF (2007) son del tipo directo, positivo y reversible, e indirecto negativo e irreversible. Los medios tradicionales de producción fueron sustituidos completamente y, debido a las dificultades del mantenimiento del modelo actual de producción se registra un intento de retorno por parte de algunos agricultores al método de ganadería tradicional, o la piscicultura familiar (J.A.M, Agricultor, Ingeniero Agrónomo, Propriá, diciembre, 2015). La actividad de la pesca tradicional desapareció con la eliminación de las inundaciones en los humedales. Y conforme a Neto, Silva y Guimarães (2016) en las áreas en las que no se implementó la “rizicultura” (cultivo del arroz) irrigada, pero fueron afectadas por los cambios en el cauce del SF, sustituyeron la pesca tradicional por la piscicultura familiar. Sin embargo, el proceso de producción se da de modo precario, sin incentivo o acompañamiento técnico, y con riesgos para los piscicultores.

En el valle, según Barros (1985) el sistema de producción era cíclico: pesca, cultivo del arroz y agricultura de “subsistencia” (agricultura familiar) y ganadería. Conforme a Santos (2000) y (2015) el sistema de producción tradicional estaba integrado al modelo del paisaje con humedales inundados (pesca), campos húmedos (“Rizicultura”-cultivo del arroz) y campos secos (ganadería) (Anexo III: **Diagramas 1**). El nuevo modelo de “Perímetros Irrigados” no contempla como soporte el patrón cíclico natural de inundaciones en base al cual se modelaba el paisaje en el PIB. En la actualidad el modelo del paisaje es permanente, y se caracteriza por el monocultivo del arroz

En el año 2000, el PIB comportaba una representación de “rizicultores” (agricultores que cultivan arroz) en un total de 559 “irrigantes” (propietarios de parcelas irrigadas) en 2012, este número bajó a 450 pequeños agricultores dedicados al cultivo del arroz, según

señalan Britto, Silva y Vasco et al. (2015) citan a Sergipe (2012). Conforme a (Entrev. Pers. a J.A.M, Agricultor Representante en Propriá, diciembre, 2015), hay un riesgo de que en un futuro el cultivo del arroz pueda desaparecer en determinadas áreas, y ser sustituido por la piscicultura con fines exclusivamente comerciales (Anexo II: **Figs. 7 y 8**). De modo general, en la actualidad, los problemas con que se deparaban los agricultores en el PIB, en la primera fase de investigación de este estudio, 1999-2000, no han cambiado. Destacan entre ellos la precariedad de las estructuras básicas de los perímetros, las que se mantienen a nivel de reparación, pero no de reposición; la deficiencia en la limpieza de drenajes, canales y parcelas abandonadas, etc., conforme a (Entrev. Pers. a J.S., Agricultor, PIB, noviembre, 2015; V. V. do C., Agricultor, PIB, noviembre, 2015 y a J.A.M, Agricultor, Propriá, diciembre, 2015). Igualmente las pérdidas de cosecha ocurren debido a las dificultades con la distribución del agua en las parcelas, los agricultores viéndose forzados a entrar en conflicto con la CODEVASF por su derecho al trabajo según (Entrev. Pers. V. V. do C., Agricultor, PIB, noviembre, 2015), y por la plaga de roedores cuando ocurre.

Las observaciones de campo y los datos colectados a través de los informantes clave confirman que el modelo actual del PIB se mantiene con la misma problemática de cuando fue implantado, desde 1977-78 hasta la actualidad. En (Entrev. Pers., C.C., Agricultor Representante del PIB, noviembre, 2015), el agricultor identifica la ausencia de las inundaciones en el PIB como el principal factor, y determinante para la proliferación de la plaga de roedores en la región. Este informante clave guarda una relación importante con el estudio debido a que es uno entre el colectivo del muestreo que integró el porcentaje de la primera parte de la investigación en (1999-2000), y ha vivido el periodo antes y después de los cambios en el PIB hasta la actualidad. La relación directa entre ausencia de inundaciones y plaga, es un denominador común a todos los agricultores informantes clave en ambos los perímetros, PIB y Propriá, todos comparten esta misma información. Durante la ocurrencia de la plaga, en mayor o menor proporción, el problema afecta toda región cultivada con arroz en el Valle BSFS. Durante las observaciones de campo y las visitas al PIB (Betume/Neópolis) y al Perímetro Irrigado de Propriá (PIP), año 2015, a través de los registros fotográficos (Anexo II: **Fig. 2-5**) y de las entrevistas a los agricultores, se identificó las mismas características de los daños en el campo, con idénticas señales de la plaga en el cultivo, en el área de estudio, durante la escala temporal estudiada. Y en las entrevistas aplicadas a los especialistas representantes de los equipos técnicos (PIB y Propriá) dentro de los perímetros, los resultados apuntan a que las deficiencias siguen

siendo las mismas que las identificadas durante la primera etapa de este estudio en el año 1999.

En términos económicos, según los datos obtenidos por Entrevista pers. R.M. (2015) y en CODEVASF (2016) y (2017), los “Perímetro Irrigados” donde se incluye especialmente el PIB, hay un crecimiento vertiginoso en la producción y productividad, por lo que los órganos gubernamentales tan solo identifican ventajas por la implantación del nuevo sistema de producción. Según nuestros resultados, este proceso no acompaña una mejor calidad de vida de la población de agricultores. Conforme a Nhampossa et al. (2017), el índice de sostenibilidad del PIB entre 2009-2014 fue de 5.24, de modo que los estudios indicaron comprometimiento de la sostenibilidad del PIB entre 2009-2015. Los altos niveles de productividad, no acompañan ni un modelo de desarrollo socioeconómico que favorezca a una mejora sostenible de la calidad de vida de la población de agricultores, ni la protección ambiental de la región. Las ventajas no superan las desventajas, como resultado de los cambios ambientales (este punto está registrado en el Cap. 6, 3.1.1).

Con base en las entrevistas de los agricultores informantes clave, de los especialistas técnicos en ambos perímetros, y a través de las observaciones de campo, este estudio también identificó desventajas. Las más graves se relacionan con la situación permanente de diferentes formas de impacto ambiental en aquella región. De acuerdo con Barros (1985), Fonseca (1988), Sigaud (1995), Casado et al. (2002), Holanda et al. (2005), Holanda et al. (2007), Nhampossa et al. (2017), el modelo implantado en el Valle BSF (Anexo 2: **Fig. 9-12**), no contempla una situación de “*Desarrollo sostenible*”. No obstante, según los Equipos de técnicos agrícolas del PIB y de Propriá, en (Entrev. Pers., Dr. J.L.de M.N., Ingeniero Agrónomo, PIB, diciembre, 2015) y (Entrev. Pers., F.C.G.C., Técnico agrícola, PIP, diciembre, 2015), hay estrategias que pueden ser llevadas a efecto, y que pueden contribuir a minimizar los impactos en estas áreas (Este punto está descrito en el (Cap. 6, 3.2).

Conforme a Léle (1991), Colby (1991), Mensah y Castro (2004), Reig, Aznar y Estruch (2010), el siglo pasado fue marcado por la controversia en cuanto al entendimiento a nivel práctico sobre el concepto y la implementación del “*Desarrollo sostenible*”. Sin embargo, la comunidad científica mundial llegó al consenso de que en la práctica, la *preservación* y la *conservación* son conceptos de fundamental importancia para mantener la vida en el planeta Tierra, tal cual señalan Mendes (1997) y UNCSD (2007).

En el pensamiento de Ignacy Sachs, el concepto del desarrollo sostenible es el más importante y revolucionario proyecto de la civilización humana, y que puede cambiar rápidamente la mentalidad y la acción global sobre la naturaleza. El modelo elegido para la protección de la naturaleza y sus recursos, no fue lo suficientemente eficaz. Los drásticos cambios ambientales no solo fueron imprimidos en la historia de la conciencia del desarrollo humano, también en la conciencia colectiva de toda la humanidad. La necesidad de una gestión racional de los recursos naturales, podría ser acompañada por una correspondiente “súper estructura cultural”, un tipo de “espiritualidad”, orientado hacia la pro ecología (Fiut, 2012).

Un concepto similar que el propuesto por Maurice Strong, o que el propio Informe Brundtland, está asociado al origen mismo de la humanidad y aglutina directamente el significado de la relación teoría-práctica, con respecto al vínculo entre “*Desarrollo sostenible*”, *Hombre-Naturaleza* y “Sociedad-Naturaleza”. En su contexto etimológico, los verbos que sostienen el término “*Desarrollo sostenible*”, *preservar* y *conservar*, derivan del hebreo, del verbo “*lishmor*” (לשמור), y aparece en el texto canónico, la Torah. El verbo “*lishmor*” está registrado en el libro de Gen 2, 15 en Katznelson (2007): “*Tomó, pues, Dios al hombre y lo puso en el huerto de Edén, para que lo labrara y lo guardase*”.

El verbo “*lishmor*” en su original en hebreo, לשמור, (f/s) golorP emrofnoc, ed y , acuerdo con el Babylon Dictionary (s/f), “*lishmor*” (לשמור) incluye y expresa mucho más que *labrar* y *guardar*, o *guardar* y *cuidar*. El significado es bien amplio e incluye en el modo infinitivo: *guardar*, *custodiar*, *labrar*, *preservar* y *conservar*, *mantener*. Y en el modo reflexivo: *guardarse*, *reservarse*, *ahorrar*, *economizar*, *defender*, *proteger*, *resguardar*, *abogar* *abrigar*, *aconchar*, *amparar*, *preservar*, *conservar*, *resguardar*, *reservar*, *retener*, *guardar*, *seguir usando*, *proteger*, *abroquelar*, *acorazar*, *amparar*, *estibar*, *abarrotar*, *alotar*, *arrumar*. El verbo aparece continuamente en el modo infinitivo, por lo que sugiere que al expresar “*cuidar de la tierra*” la acción no está delimitada en el tiempo, pero sí como una acción permanente y continuada, un presente continuo. También aparece en el modo reflexivo, por lo que indica que la acción recae igualmente sobre el sujeto, los moradores de la tierra. Por tanto el “*cuidar de la tierra*” implica el cuidado del habitante de la tierra consigo mismo. Como tal, un principio, una acción conjunta y permanente de interdependencia con respecto a la relación *Hombre-Naturaleza*, en cuanto a *conservación* y *preservación*.

Al abordar sobre el dilema del concepto, Oladele (2009) afirma que “*Desarrollo sostenible*” no debía ser concebido como un requisito adicional, sino en realidad como un “Principio Global” que gobierne todo el proceso del desarrollo. Según el Diccionario de la Real Academia Española, “principio” se define como “*norma o idea fundamental que rige el pensamiento o la conducta*” (RAE, s/f).

En la Declaración de Río 92 sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, en el “Principio de Precaución”, entre otras afirmaciones, la ONU reafirma el Informe de Estocolmo 1972: “los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el “*Desarrollo sostenible*” (UN, 1992). El concepto del “*Desarrollo sostenible*” no puede dissociarse de su etimología. La relación *Hombre-Naturaleza* partió de un “Principio” el que según Kesselring (1992) constituía un triángulo “DIOS-HOMBRE-NATURALEZA”. Inicialmente a través de la visión y de la búsqueda del conocimiento sobre la naturaleza según Santos (2000), y posteriormente por la aplicación del método científico conforme a Bourdeau (2004), y que resultó en grandes transformaciones sobre la naturaleza y la misma vida humana. El concepto se extendió a la relación “Sociedad-Naturaleza”. En este sentido, según Jesus (1998, p.1): “*La historia del hombre sobre la tierra, se relaciona con la historia de su propio conocimiento*”. Sin embargo, la relación *Hombre-Naturaleza* ha llegado al estado extremo de una amenaza a la naturaleza, a la misma vida humana, y a nivel planetario. El pronóstico futuro para el planeta es de incertidumbre. No obstante a este desnatural extremo, con el agravante de que aún se conoce muy poco sobre la naturaleza y hay miles de especies extinguidas las que nunca hemos podido conocer, y otras, que se están extinguiendo antes de que las conociéramos.

De acuerdo con Machado (2014) a pesar de los incontables y sucesivos avances de la era tecnológica, que por un lado propician innumerables comodidades para los humanos, por el otro se demandan cada vez más otros recursos energéticos que interfieren severamente en los factores bióticos y abióticos, y compromete la vida futura del Planeta. Conforme a Stephen Hawking, la tierra debe buscar conquistar nuevas esferas planetarias o será la extinción de la especie humana. El cosmólogo está convencido de que los humanos necesitan “irse” de la tierra (Science, 2017).

Los cambios ambientales en el modelo natural de ecosistema que tuvieron lugar en los Valles húmedos del BSFS igualmente se incluyen en la visión poco clara y confusa, sobre la relación *Hombre-Naturaleza* y el concepto práctico del “*Desarrollo sostenible*”. Y

aquella región con sus sistemas naturales, tan solo un ejemplo entre otros innumerables ecosistemas de la tierra, en los que asimismo, los cambios ambientales determinaron formas permanentes e irreversibles de impactos. El concepto de “*Desarrollo sostenible*” incluye como “principio”, la *preservación* y la *conservación* de la vida en los ecosistemas de la tierra. Y de acuerdo con Oladele (2009) debe ser visto de forma global, por tanto, universalmente inseparable dentro de la relación *Hombre-Naturaleza* y en su binomio “Sociedad-Naturaleza”, como hijos y moradores de la tierra. En su etimología el concepto de “*Desarrollo sostenible*” es un eslabón de enlace hacia la visión inicial del hombre sobre la naturaleza.

En el VBSFS las decisiones gubernamentales son las que determinan la interferencia en el ambiente natural. No obstante, esta acción de gobierno no se ha dado de forma aislada, sino que se incluye dentro de un modelo global sobre la visión *Hombre-Naturaleza*. Los cambios individuales parten de la visión global, y como tal, de los paradigmas previamente establecidos. La implementación del “*Desarrollo sostenible*” en el área de estudio deriva de la visión desarrollada a lo largo del tiempo en la relación *Hombre-Naturaleza* a nivel global. Frenar los impactos irreversibles a nivel planetario contra el medio ambiente, mantiene una relación inevitablemente unívoca con la comprensión práctica del término y la responsabilidad del hombre en relación con el medio ambiente. Es lo que según Machado (2014), en el pensamiento de Hans Jonas es conocido como el “Principio Responsabilidad”. El “Principio Responsabilidad” es una ampliación de la ética y propone un urgente cambio en el comportamiento humano frente la amenaza a la destrucción de la naturaleza.

Para el hombre del siglo XXI es urgente un cambio en todo lo que dice respecto a la relación “Sociedad-Naturaleza”. La etimología del término de “*Desarrollo sostenible*” sugiere un cambio de visión desde el significado hasta los modelos y paradigmas aceptados como verdades absolutas sobre la existencia misma del hombre, de la naturaleza y del Universo.

La relación *Hombre-Naturaleza* partió del triángulo: DIOS-Hombre-Naturaleza al estado actual de amenaza global donde se añade una afirmación que suena como si fuera una hipótesis comprobada: “*No hay ningún Dios [...]*” (Stephen Hawking, El Mundo, 2015). Sin embargo, la respuesta está en el mismo “Principio” originador del término “*Desarrollo sostenible*”, el VERBO, según Juan 1:1,5 (Rv. 60), el que “ERA”: ¡“*Donde*

estabas tú cuando yo fundaba la tierra? ¡Házmelo saber se tienes inteligencia! [...] ¿Has considerado tú la extensión de la tierra? [...] ¿Conoces las leyes de los cielos? ¡Declara si sabes todo esto! [...] Quizás tú lo sabes, puesto que entonces ya habías nacido y es grande el número de tus días! (Job 38, Rv. 60). En las palabras de la Sabiduría: *“Todo reino dividido contra sí mismo es asolado, y toda ciudad o casa dividida contra sí misma no podrá subsistir”* (Yeshúa) conforme a Mateo 12: 25 (Rv. 60). La Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo reconoce la naturaleza integral e interdependiente de la Tierra, nuestro hogar (UN, 1992). No obstante, la tierra es un reino, una ciudad, una casa, nuestra casa, nuestro hogar, y está dividido sobre sí mismo, porque [...] *“La tierra fue profanada por sus moradores, porque traspasaron las leyes, falsearon el derecho, quebrantaron el pacto sempiterno”* Isaías 24:5 (Rv. 60).

7.2. Conclusiones

Como resultado del análisis de las variables del estudio desarrollado, se concluye que en relación con los planteamientos y la hipótesis elaborada, los objetivos establecidos fueron alcanzados satisfactoriamente.

Con respecto al **objetivo 2.1** (la variable ocurrencia irregular de la perturbación por roedores en el PIB), se verificó que la plaga no guarda una relación causal directa con los cambios ambientales en el VBSFS. Sin embargo, su permanencia y proliferación en el PIB sí que mantiene una relación directa de causa y efecto con los cambios ambientales en el VBSFS, y esto debido a la ausencia de las inundaciones fluviales. Las características del comportamiento de la plaga la identifican como un fenómeno autóctono regional. Se sugiere que la plaga en el VBSFS integra una perturbación de origen climática a nivel continental y, o a escala global. En los “Perímetros Irrigados”, la plaga está directamente relacionada con el comportamiento de la fauna y las condiciones climáticas de la NEB, las que son influenciadas por los fenómenos océano-atmosféricos, como el ENOS. Por tanto, el modelo actual de producción no determina la ocurrencia de la plaga, sino que la facilita, y es la causa de su proliferación y su permanencia en los “Perímetros Irrigados” durante su escala temporal de ocurrencia. En lo que respecta a la variable de la escala temporal de ocurrencia de la plaga (**objetivo 2.2**) se identificó que hay una relación muy fuerte de

asociación temporal con los años de episodios del evento ENOS (“El Niño” y “La Niña”) (principalmente el evento cálido “El Niño”), y las condiciones climáticas de la NEB (la “sequía periódica”). Los 10 años identificados con plaga de roedores, excepto 1993, se caracterizaron todos por el suceso del evento ENOS. En el área de estudio, excepto 1978 (1ª incidencia de la plaga) (año lluvioso), el 1999 (año lluvioso), aunque por debajo del normal y 2009 (año con el valor de la MAP²³ superior al normal), todos los demás años se caracterizaron por ser años de sequía y/o bajas precipitaciones (1982-83, 88, 93, 98, 2005, 2010), y 2015 (no incluido en el muestreo estadístico). En relación con las condiciones climáticas de la NEB, la escala temporal de la plaga se identificó como siendo años precedidos de sequía, y/o, con el fenómeno de la sequía en el semiárido, excepto (1978, 1988, 1999, 2009) años lluviosos en el semiárido de la NEB.

El análisis del **objetivo 3.1**, en el que se identifica el efecto de la incidencia de la plaga en el ciclo del cultivo, según las variables verificadas se observó: a) El suceso de los daños ocurrió entre los primeros 30-60 días de la siembra. La respuesta dada como el mayor porcentual e indicado por los 63 agricultores, coinciden con los resultados de las observaciones de campo; b) Según los agricultores la estación de mayor incidencia de la plaga es la lluviosa. No obstante, se observó que la plaga ocurre tanto en años de episodios “El Niño” (sequía) como de “La Niña” (lluvioso), aunque con mayor incidencia en años de sequía. En el PIB, los daños identificados durante las observaciones de campo, se dieron mayormente durante la estación seca; c) No se identificó predadores del orden Rodentia, en el área de estudio. Se sugiere que su ausencia también contribuye a una mayor incidencia y permanencia de la plaga en estas áreas.

El **objetivo 3.2** el que analizó la influencia de las asociaciones entre las ATSM y las variables de temperaturas (MxTemp y MinTemp) en el VBSFS, se observó que las ATSM de las ROA verificadas, el IOS, RN y las categorías Atlánticas pueden influir en aumento o disminución de las temperaturas del aire. Sin embargo, no se puede definir un tipo de patrón constante de correlaciones entre las ROA y las condiciones de temperatura en el VBSFS. Por lo que se lo carecería de estudios más profundos en este aspecto, principalmente en lo que concierne a asociaciones entre las temperaturas del VBSFS y las categorías Atlánticas. Las ROA actúan conjuntamente sobre las VC del VBSFS,

²³ MAP (Media Anual de Pluviometría).

compitiendo entre sí y se sugiere que otros fenómenos podrían haber influido en la región de estudio, en conjunto con las ROA.

El año 2015, aunque no integra el muestreo del análisis de este capítulo, fue caracterizado por sequía en la NEB y año de “El Niño” de muy fuerte magnitud. Igualmente, en este mismo año se identificó la ocurrencia de la plaga en el VBSFS, en área irrigadas (área de estudio) y de secano. Y en relación con el **objetivo 3.3.**, en la composición de la flora en el área de estudio, se destaca la presencia de las Poáceas (Poaceae), las que incluye una familia muy común a los humedales de antaño a los cambios ambientales.

En el **capítulo 4**, al examinar la relación entre variables daños y parcela, se encontró que la variación de los daños ocurre en función de la fase o estadio del ciclo del cultivo y de las parcelas, aunque los daños ocurrieron en todo el ciclo del cultivo. En cuanto al comportamiento de la plaga en el **objetivo 4.1**, se identificó que hay diferencia de daños en función de la fase del ciclo del cultivo y de las parcelas. Así que el mayor volumen de daños fue en la fase de siembra, en el estadio de plántula, en comparación con las fases vegetativa, reproductiva y de madurez. Con respecto a lo que concierne a las parcelas, los daños en la parcela 339 son superiores a los de la parcela 341. Factores diversos en el entorno, podrían haber influenciado en este resultado.

En el **objetivo 5**, igual que lo observado en el capítulo 3, en relación con las VC del VBSFS, se verificó la existencia de valores lineales muy fuertes para el Coeficiente de Pearson (r) entre las temperaturas en función de las ROA. Siendo los porcentajes más elevados los correspondiente al r^2 entre el lago N1+2 (ATSM/Pluviometría) y (TSM/ATSM/N1+2/MinTp en la década de los 60 (1964 y 1969), se destacó también el lago n34. Contrario a lo que se esperaba, durante las décadas de los 80 y 90 -en particular durante los años 1982-83, con ENOS de muy fuerte magnitud; y 1993, de sequía muy severa en la región-, no se observó una cuantificación significativa de asociaciones lineales con la Pluviometría en el VBSFS. La cuantificación de asociaciones lineales es predominante entre las temperaturas y las ATSM de las ROA. Sin embargo, a partir de los años 90 se verificó un aumento de correlaciones lineales entre las VC (VBSFS) en función de las ROA, con destaque para el lago n4 y el IOS. Y el año 2010 presentó un patrón específico de asociaciones lineales muy fuertes en relación con la Pluviometría en función

de las RN, categorías SATL²⁴ y TROP²⁵. Tal comportamiento sugiere un aumento de las relaciones de asociación entre estas áreas y las VC del VBSFS, y como consecuencia, una mayor influencia sobre los déficits pluviométricos en la región. Las VC del VBSFS se comportan en función de las regiones, con las que se asocian.

En relación con los **objetivos 6.1** y **6.2** los “Perímetros Irrigados” del VBSFS, si bien se identificaron algunas ventajas para la población local y un aumento vertiginoso en la productividad del arroz, también se identificaron ingentes desventajas del modelo. Los problemas a nivel técnico de antaño a los que afrontaban los agricultores siguen siendo los mismos. En la actualidad se añade al riesgo de que los impactos sobre el río SF, la expansión de la piscicultura comercial, y el éxodo de la población joven a la ciudad, comprometan una cultura de hace siglos, el cultivo del arroz en el VBSFS. Al igual que se observó en la primera fase de este estudio (1999-2000), el modelo de “Perímetro Irrigado” evidencia condiciones permanentes de impacto ambiental, por tanto no contempla una condición de sostenibilidad. Las ventajas y la alta productividad identificadas por la implantación de amplios perímetros no acompañan una situación de calidad para los agricultores. En lo que concierne al “*Desarrollo sostenible*” y la relación “Sociedad-Naturaleza”, todavía prevalece un modelo el que no responde de forma efectiva a las necesidades de una mejor calidad de vida para la población ribereña.

Finalmente, la respuesta a los planteamientos y los objetivos específicos alcanzados responden al objetivo general a través de la hipótesis elaborada. Se concluye que los cambios ambientales en el modelo del paisaje y de producción en el VBSFS, no determinan la ocurrencia de la plaga, sin embargo, contribuyen a la proliferación de los roedores y su permanencia en el PIB durante su ocurrencia. En contraste, las condiciones climáticas océano-atmosféricas y ambientales regionales, se asocian de forma directa, como factores causales de la ocurrencia de la plaga en la región.

Con base en las conclusiones y en los distintos aspectos que fueron abordados a lo largo del estudio, es relevante indicar algunas de las posibles líneas de investigación que podrían profundizar algunos elementos de ésta tesis. Sin pretender ser exhaustivos, sería importante tener en cuenta: a) Durante la ocurrencia de la plaga realizar un estudio específico sobre el hábitat del *Holochilus sciureus* y sus movimientos entre el semiárido y

²⁴ NATL (Categoría oceánica Atlántico Tropical Norte).

²⁵ TROP (Categoría oceánica del Océano Atlántico).

los “Perímetros Irrigados”; b) Realizar un acompañamiento sobre el efecto de incidencia de las ROA sobre las VC del VBSFS; c) Desarrollar modelos de simulación que aglutinen las variables: Plaga, evento ENOS y la sequía en la NEB, de modo a que se pueda prever la ocurrencia de la plaga; d) En ámbito más generalizado, investigar a nivel científico-filosófico sobre la relación “Sociedad-Naturaleza”, y el origen etimológico del “*Desarrollo sostenible*”.

7.3. Referencias Bibliográficas

- Agüero, D. et al. Estimación y observación sobre la rata arrocera (*Holochilus venezuelae*) en caña de azúcar. *Caña de azúcar*, vol. 3, 2, pp. 63-70, 1985.
- Alfonso, P.S., J.P., Sumagil. *Métodos de lucha contra los ratos en los arrozales*, pp. 237-248, (s/f).
- Ali, M.S., Kamal, N.Q., Hasanuzzaman, A.T.M. et al. Bamboo flowering, rodent outbreaks and food security: rodent ecology, pest management, and socio-economic impact in the Chittagong, Hill Tracts, Bangladesh, 2008.
- Aplin, K.P., Brown, P.R., Jacob J. et al. Field methods for rodent studies in Asia and the Indo-Pacific. *ACIAR Monograph*, n.100, pp.223, 2003.
- Aragão, J.O.R. O aspecto do ENSO e do Dipolo do Atlântico no Nordeste do Brasil. *Bull. Inst. fr. études andines*, 27 (3), pp. 839-844, 1998.
- Aragão, J.O.R. A previsão da precipitação no Norte do Nordeste do Brasil para o período chuvoso de fevereiro a maio: os anos 1997/1998. Secretaria de Ciência, tecnologia e Meio Ambiente/Departamento de Hidrometeorologia, (ca. 1999).
- Aristizabal, G.E.L. Variabilidad y tendencia de la temperatura del aire en las cuatro principales ciudades de Colombia. *Meteorología Colombiana*, N°2, pp. 81–86 Octubre, 2000. Bogotá D.C. ISSN-0124-6984.
- Andreoli, R.V., Kayano, M.T. A importancia do atlântico tropical sul e pacífico leste na variabilidade de precipitação do Nordeste do Brasil. *Rev. Bras. Meteotol*, Vol.22, n.1, Abr., 2007, São Paulo.
- Babylon Dictionary, versión 9, on line, archivo privado, Narvaez, C., (s/f).
- Barros, H.O.M. de. Modernização agrícola autoritária e desestruturação do ecossistema: o caso do Baixo São Francisco. *Cad. Est. Soc., Recife*, v.1, n.1, jan/jun, 1985, 97-113, 1985. CDU 631. 17 (282.281.5), pp.338-92, (812/914).
- Bomford, M. Food and Reproduction of Wild House Mice I. Diet and Breeding Seasons in Various Habitats on Irrigated Cereal Farms in New South Wales. *Aust. Wildl, Res*, 14, pp. 183-96, 1987.
- Bourdeau, Ph. The man nature relationship and environmental ethics. *Journal of Environmental Radioactivity*. Issues 1-2, p .9-15, 2004.
- Britto, F.B., Silva T.M.M., Vasco, A.N. do et al. Avaliação do risco de contaminação hídrica por agrotóxicos no Perímetro Irrigado Betume no Baixo rio São Francisco,

Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 9(3), pp.158–170, 2015. ISSN 1982-7679
DOI: 10.7127/RBAI.V9N300301 (On-line).

Bronw, P.R., Phung, Nguyen, Thi My. Pattern and dynamics of rodent damage to lowland irrigated rice crops in An Giang, Vietnam. *International Journal of pest management*, vol. 57, 2010.

Casado, A.P.B., Holanda, F.S.R., Araújo, F.A.G.; Yagui, P. Bank erosion evolution in São Francisco River. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.26, p.231-239, 2002.

Cheaney, R.L.Y., Jennings, P.R. Problemas en cultivo de arroz en América Latina. Colombia, CIAT. Cali, 1975.

CODEVASF. Relatório de comissão construída através da determinação 001/83 da 4ª DR, para avaliação de lotes do Projeto Betume Sequeiro. Aracaju, Fev, 1983.

CODEVASF. Área de revitalização de bacias hidrográficas, estudo ambiental-empendimento Projeto de Irrigação Betume. Tomo I textos. Contrato 0.07.04.0042/00. 2007, dez, pp.295, 2007.

CODEVASF. Sergipe bate recorde de produção com garantia de agua. 2016. Disponible en: http://planetaarroz.com.br/site/noticias_detalhe.php?idNoticia=14383. Consultado en: abr-may, 2017.

CODEVASF. Rizicultura en Perímetros Irrigados Sergipanos da CODEVASF cresce em mais de 70% Online.http://www.maxpress.com.br/Conteudo/1,681374,Rizicultura_em_perimetos_ser_gipanos_daCodevasf_cresce_em_mais_de_70_,681374,4.htm. Consultado en: 18 Jan. 2017.

Colby, M.E. Environmental management in development: the evolution of paradigms Sustainable development: A critical review. *Ecological Economics*, Volume 3, Issue 3, September, pp.193-213, 1991. Elsier.

Cruz, P.F.N. da. *Ocorrências de danos causados por roedores, pragas do cacueiro na Bahia*, Brasil. *Revista Theobroma*, 1983.

DESASTRES & SOCIEDAD. *Relación histórica resumida de las sequías del Nordeste. Especial: la sequía en el Nordeste del Brasil, Julio- Diciembre, N°5, Año 3, pp.59-70, 1995.*

Díaz, J.M. G. El ABC de los índices usados en la identificación y definición cuantitativa de El Niño-Oscilación del Sur (ENSO). *Terra*, vol. XXIV, n. 35, pp. 85-140, 2008.

Duque, J.G. 1973 – *O nordeste e as lavouras xerófitas*. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil S/A, 295 pp., ilus., 1964.

Eiris, G.C., Barreto, G.R. Home range of marsh rats, *Holochilus sciureus*, a rodent pest in rice fields of Venezuela. *Interciencia*, (34)6 jun, pp. 400-404, 2009. versión imprensa ISSN 0378-1844.

El Mundo. Diponible en: <http://www.elmundo.es/blogs/elmundo/elsonidodelanaturaleza/>. Consultado en: julio, agosto, 2017.

Elías, D.J. El problema de roedores en el proyecto de riego del bajo San Francisco. *Status e recomendações (informe final)*, 1983.

Emmons, L.H. *Neotropical rainforest mammals: a field guide*, 1990.

- Fiut, I.S. Sustainable Development: The Upcoming Civilizational Revolution?. *Problemy Ekorożwoju – Problems of Sustainable Development*, vol. 7, n. 2, pp. 43-50, 2012. Available at SSRN:<https://ssrn.com/abstract=2129129>.
- Folland, C., K. et al. Predictability of Northeast Brazil rainfall and real-time forecast skill, 1987-98. Hadley Centre for Climate Predication and Research, met Office, Bracknell, Berkshire, United Kingdom, 2001.
- Fonseca, V. *A intervenção do estado no Baixo São Francisco sergipano*. Tesis de Doctorado no publicada, Universidade Estadual Paulista: Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro, Brasil, 1988.
- FUNASA. *Manual de controle de roedores*. Ministerio de Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Brasília: pp. 31,33, 35, 2002.
- Génesis. Español.: In: *Santa bíblia: Antigo Testamento*. Revisión Reina Valeria. Sociedades Bíblicas Unidas, 1995, Caps. 1:1, 2:15, 1995.
- Góis, J.A. de, Paiva, M. de F.A., Tavares, S.M.T. *Textos para discussão n° 268 projetos de irrigação do Baixo São Francisco*. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Julho, 1992.
- Guimarães, D.P., Reis, R.D. Impactos do fenômeno Enos sobre a temperatura no Brasil. *Revista Espinhaço*, 1(1) p. 34-40, 2012.
- Holmgren, M., Scheffer, M., Ezcurra, E., et al. El Niño effects on the dynamics of terrestrial ecosystems. Review *TRENDS in Ecology & Evolution*, Vol.16 No.2, February, 2001.
- Holmgren, M., Stapp, P., Dickman, C.R. et al. A synthesis of ENSO effects on drylands in Australia, North America and South America. *Advances in Geosciences. European Geosciences Union*, 2006.
- Holanda, F.S.R., Santos I.G.C., Santos, C.M.S. et al. Riparian fragments affected by bank erosion in the Lower São Francisco River, Northeastern Brazil. *Rev Árv*. 29 (2), pp.148-152, 2005.
- Holanda, F.S.R., Santos, C.M. dos, Casado, A.P.B. et al. Análisis multitemporal e caracterização dos procesos erosivos do Baixo São Francisco Sergipano. *Rev Bras Geom*, (2): 87-96, 2007.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). El Cultivo del Arroz en Venezuela. Comp. Orlando Páez; Edit. Alfredo Romero. Maracay. *Serie Manuales de Cultivo INIA*, N° 1, pp. 202, 2004.
- Isaias. Español.: In: *Santa Bíblia: Antigo Testamento*. Revisión Reina Valeria. Sociedades Bíblicas Unidas, Caps. 24:5, 1995.
- Jaksic, F.M. The multiple facets of El Niño/Southern Oscillation in Chile. *Rev Chil de Hist Nat*, 71, pp. 121-131, 1998.

- Jaksic, F.M., Lima, M. Myths and facts on ratadas: bamboo blooms, rainfall peaks and rodent outbreak in South American. *Austral Ecology*, 28, pp.1-11, 2003.
- Jesus, A.T. de. *Os caminhos da ciencia*. Aracaju: Universidade Tiradentes, pp.158, 1998.
- Job. Español.: In: Santa Bíblia: Antigo Testamento. Revisión Reina Valeria. Sociedades Bíblicas Unidas, Cap. 38, 1995.
- Juan, Evangelio según. Español.: In: *Santa Bíblia: Nuevo Testamento*. Revisión Reina Valeria. Sociedades Bíblicas Unidas, Caps. 1:1,5, 1995.
- Junior, J. de S.P. *Nova delimitação do semi-árido brasileiro*, [versão electrónica]. Biblioteca Digital da Câmara do deputados. Disponible en: <http://b.d.câmara.gov.br>, 2007. Consultado en mayo-julio, 2017.
- Katznelson, M. *La Biblia hebreo español*. Sinai publishing. Version castellana conforme la traducción judía por Moisés Katznelson. Pentateuco, Vol 1, 2007.
- Kesselring, T. O conceito de natureza na história do pensamento ocidental. *Ciencias e Ambiente*, 3(5), jul/dez, 1992.
- Kumar, N., Kumar, V., Singh, C. et al. Studies on association between rodents infestation in different stage of rice cultivation. *International Journal of Agricultural Science and Research*. vol. 3, Issue 3, Aug, pp. 117-126, 2013. (IJASR) ISSN 2250-0057).
- Lélé, S.M. Energy & Resources Group, University of California. *World Development*, Vol. 19, No. 6, pp. 607-621, 1991.
- Lima, M., Marquet, P.A, Jaksic, F.M. El niño events, precipitation aprrens, and rodent outbreak are statistically associated in semi-arid Chile, *Ecography*, 22, pp. 213- 218, 1999.
- Lucena. D.B., Filho, M.F.G., Servain, J. Avaliação do impacto de eventos climáticos extremos nos oceanos Pacífico e Atlântico sobre a estação chuvosa no Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, (v.26, n2, 297-312), 2011.
- Machado, T.M.S. *Ética da responsabilidade ambiental em Hans Jonas e a relevancia do diálogo entre a Filosofia, a Biologia e o Direito*. Universidade Federal de Sergipe Departamento de Filosofia, São Cristovão-Sergipe, pp.161, 2014.
- Marengo, J.A. *Impactos das mudanças climáticas no bioma caatinga e na desertificação do semi-árido*. Ministério da Ciência e Tecnologia, Instituto de Pesquisas Espaciais. Ca., 2008.
- Marengo, J.A. et al. *Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro*. Instituto Nacional do Semi-árido, Campina Grance, 2011.
- Marengo, J.A., Alves, L.M., Cunha, A.P. *Histórico de secas no Semiárido do Nordeste e características da Seca de 2010-16*. Avaliação da Seca de 2010-2016 no Semiárido, Fortaleza, CE. CEMADEN, 2016.

- Mares, M.A., Willig, M.R., Lacher, Jr., T.E. The Brazilian caatinga in South American Zoogeography: tropical mammals in a dry region. *J. Biogeography*, n.12, pp.57-69, 1981.
- Marshal, J.P, Bleich, V., Ballard A. et al. Rainfall, El Niño, and dynamics of Mule deer in the Sonorian desert, California. *Journal of Wildlife management*, 66(4), pp. 1283-1289, 2002.
- Martins, D.M.F., Chagas R.M., Neto G.O.M. et al. Impactos da construção da usina hidrelétrica de Sobradinho no regime de vazões no Baixo São Francisco. *Rev Bras Eng Agríc Amb*, 15(9), pp. 1054–1061, 2011.
- Mateo, Evangelio según San. Bíblia de Jerusalén. Nueva edición revisada y aumentada.
- Mejías, P.I. *Un modelo de Simulación genérico de una productora de arroz. Proyecto de Grado presentado ante la ilustre Universidad de Los Andes*. Requisito final para obtener el Título de Ingeniero de Sistemas. Universidad de Los Andes Mérida, Venezuela, pp. 160, 2014.
- Mejías, P.I., Ramírez, N.V. Un modelo de simulación genérico de una productora de arroz. *Agroalimentaria*, 21 (41), 95-111, 2015. Editorial Desclee De Brouwer, S.A., 2013. ISBN: 978-84-330-1408-5.
- Mendes, B.V. *Biodiversidade e desenvolvimento sustentável do semi-árido*. Fortaleza: SEMACE, 1997.
- Mensah, A.M., Castro, L.C. Sustainable resource use € sustainable development: un contradiction? Zentrum fur Entwicklungsforschung (ZEF). *Center for development Research. University of Bonn*, 2004.
- Monteiro, C.A. de F. Aspectos geográficos do baixo São Francisco. In: 17 Assembléia Geral (Penedo). Relatório. Penedo, Alagoas, 1962.
- Moura, A.D., Shukla, J. On the dynamics of droughts in nordtheast brazil-. Observation, theory e numerical experiments with a general circulation model. *J. atmos. Sci.*, 38, pp.2653-2675, 1981.
- Moura, G.B. de A., Aragão, J.O.R. de, Melo, J.S.P. de, et al., *Revista Brasileira de Engenharia Ambiental*, v.13, n.4, pp.462-469, 2009. Campina grande, PB, UAEA/UFCG-<http://www.agriambi.com.br>.
- Moojen, J. Os roedores do Brasil, 1952.
- Monteiro, C.A. de F. *Aspectos geográficos do Baixo São Francisco. In: 17 Assembléia Geral: Penedo*). Relatório. Penedo, Alagoas, 1962.
- Neto, T.F.R., Silva, A.H.G., Guimarães, I.M. et al. Piscicultura familiar extensiva no baixo São Francisco, estado de Sergipe, Brasil. *Acta Fish Aquat Res* 4(1): 62-69, 2016.

- Nhampossa, J.A., Gomes, L.G, Brito, F.B. et al. Índice de sustentabilidade do Perímetro Irrigado Betume, Baixo São Francisco Sergipe. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.11, nº.1, pp. 1135 - 1144, 2017. ISSN 1982-7679 (On-line).
- NOAA-National Oceanic and Atmospheric Administration. Disponível em: <http://ggweather.com/enso/oni.htm>, consultado em: maio, jun., jul., ago., sep. de 2012; ago-set. de 2013; out., nov. 2014; mar- jun de 2016, abr-may, 2017.
- Oladele, O.A. *Sustainable Development: On the Dilemma of a Definition, 2009 (PDF Download Available)*. Available from: https://www.researchgate.net/publication/306368709_Sustainable_Development_On_the_Dilemma_of_a_Definition. [accessed May 14, 2017].
- Oliveira, C.H. de A, França, V.L.A., Castaneda, D.N. Transformações no Baixo São Francisco Sergipano. *Anáís do X Encontro de Geógrafos da América Latina*, 20-26 de março de 2005: Universidade de São Paulo, 2005.
- Paiva, M.P., Campos, E. *Fauna do nordeste do Brasil conhecimento popular*. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 1995.
- Personal, J.S., Entrevista Personal, Noviembre de 2015, Agricultor, Betume (PIB).
- Personal, V.V do C., Entrevista Personal, Noviembre de 2015, Agricultor, Betume (PIB).
- Personal, C.C., Entrevista Personal, Noviembre de 2015, Agricultor, Betume (PIB).
- Personal, R.M. Entrevista Personal, Diciembre. 2015, Administrador Regional dos Perímetros Irrigados (CODEVASF/Sergipe/Brazil).
- Personal, J.A.M, Entrevista Personal, Diciembre de 2015, Agricultor/Ingeniero Agrónomo, Propriá (PIP).
- Personal, J.L.M.N, Entrevista Personal, Diciembre de 2015, Técnico Agrícola (Equipo/PIB), Propriá.
- Personal, F.C.G.C., Entrevista Personal, Diciembre de 2015, Técnico Agrícola (Equipo/PIP), Propriá.
- Poleo, C.J., Mendoza, R.J. *Actividad reproductiva de la rata arrocera (Holocheilus sciureus) en siembras de arroz del sistema de riego Río Guárico, calabozo estado Guárico. Fundación para la Investigación Agrícola DANAC*. 2004, [en línea]. [Consulta: 06 agosto 2004]. Disponible en: <http://www.redpav>.
- Poleo, C.J., Pignone, G., Mendoza, R.J. Características de las especies de roedores que afectan los cultivos de maíz y arroz en el estado Guárico. *INIA Divulga*, ener-dic, 2008.
- PROLOG, *Diccionario* Publishing House. Biligue, Hebreo, español-español-hebreo. Editorial Prolog Ltda. Transliterado, Israel, (s/f).
- Real Academia Española, *RAE* in: <http://www.rae.es/>.

- Reig, E., Aznar, J., Estruch, V. A comparative analysis of the sustainability of rice cultivation technologies using the analytic network process *Span J Agric R*, 8(2), pp.273-284, 2010. ISSN: 1695-971-X.
- Retana, J., Solera, M., Solano, J. *Efecto de la variabilidad climática sobre la fluctuación poblacional de la rata cañera (Sigmond hispidus) en cañas*, Guanacaste. Taboga: Instituto Meteorologico Nacional Gestion de Desarrollo Hernán Alvarez, Ingenio Manejo de plagas, 2000.
- Román, L.M.F. *Comportamiento poblacional de la rata arrocera Holochilus sicureus (Rodentia: Cricetidae) en una unidad de producción de arroz del Estado Portuguesa*. Tesis de Doctorado. Departamento e Instituto de Zoología Agrícola, Universidad Central de Venezuela: Venezuela, pp.134, 2012.
- Santos, G. C. *Relação sociedade-natureza e a problemática da infestação de roedores (ratos) em área irrigada cultivada com arroz (Oriza sativa L.) no baixo São Francisco sergipano*. Tesis de Maestría. NESA: Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, Sergipe, Brasil, 2000.
- Santos, G.C., Environmental changes and temporal distribution of Rodentia in North-east Brazil (NEB), and its link to the Niño Southern oscillation (ENSO) and droughts in the region. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, vol. 192, WIT Press: Southampton and Boston, pp. 33–41, 2015.
- Sergipe. Servicio de vigilância sanitária regional de. *Projeto para controle de roedores no Estado de Sergipe*, 1995.
- Sergipe. *Sergipe pode perder até 80% da produção de arroz por causa dos ratos*, <http://g1.globo.com/se/sergipe/noticia/2015/05/sergipe-pode-perder-ate-80-da-producao-de-arroz-por-causa-de-ratos.html>. Consultado en mayo de 2015, junio/julio de 2017.
- Sigaud, L. *Efeitos sociais de grandes projetos hidrelétricos: as barragens de sobradinho machadinho*. Programa de Pós-Graduação em antropologia do Museu Nacional. 1985.
- SNET. *Servicio nacional de estudios territoriales. Regiones niños*, in: <http://image.slidesharecdn.com/enosnioniasnetago2009-140702084840-phpapp01/95/fenmeno-de-el-nio-oscilacin-de-sur-snet-17-638.jpg?cb=1404291020>
- Souza, I.F. de, Neto, A.O de A. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. *Comportamento da precipitação, pluviométrica durante o período chuvoso em anos de eños no Estado de Sergipe*. Florianópolis. Anáís Florianópolis/SC, 1999.
- Stenseth, N.C., Leirs, H., Skonhofs A., et al. Mice and rats: the dynamics and bio-economics of agricultural and rodents pests. *Front Ecol Environ* 2003; 1(7): 000–000.
- Streilein, K.E. Ecology of small mammals in the semiarid Brazilian caatinga. V. Agonistic behavior and overview, *Ann. Carnegie Museum*, 51, pp. 345-369, 1982.
- Science. Human rice is doomed if we do not colonise the moon and mars, says Stephen Hawkin. *The Telegraph Science*. Disponible en:

<http://www.telegraph.co.uk/science/2017/06/20/human-race-doomed-do-not-colonise-moon-mars-says-stephen-hawking/>. Consultado en agosto, 2017.

Twigg, G.I. Notes on *Holochilus sciureus* in British Guiana. *Journal of Mammalogy*, v. 43, n.3, 1962.

United Nations, *UN, General Assembly*. Report of the United Nations Conference on Environment and development. A/CONF.151/26 (Vol. I). Distr. General 2 August 1992. Disponible en: <http://www.un.org/documents/ga/conf151/aconf15126-1annex1.htm/>. Consultado en agosto, 2017.

UNCSD. *United Nations Commission on Sustainable Development*. Sustainable development in action. Framing sustainable development- The Brundlant report 20 year on. Backgrounder, april, 2007.

Vicente, M.G.S. Informes técnicos: *Conectividad ecológica del territorio y conservación de la biodiversidad nuevas perspectivas en ecología del paisaje y ordenación territorial*. Vitória- Gasteiz: Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu: servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco, pp.160, 2004.

8. ANEXOS

ANEXOS 1 (Tablas)

Tabla 1. Levantamiento sobre el uso de conexiones ecológicas según su hábitat en el BSFS de los géneros de roedores identificados en el PB (1999-2000).

Clasificación	Hábitat principal	Tipo de movimiento favorecido	Tipo de espacio permeabilizado	Tipo de conexión y origen	Distribución en el territorio nacional	Fuente
FAMILIA CRICETIDAE	-	-	-	-	-	-
<i>Holochilus sciureus</i> (Wagner 1842) Vulgar: (Rata de los pantanos, rato de caña dulce)	Caatinga	diurno, a las primeras horas de la mañana y al anochecer	Cultivos de arroz y de caña-de azúcar; Humedales	Límites de vegetación entre la caatinga y el agreste Autóctono	El género <i>Holochilus</i> spp. está distribuido por todo el territorio brasileño	FUNASA (2002), Observ. de campo (1999) Agüero (1985)
<i>Holochilus brasiliensis</i> Vulgar: (Rata arrocera)	Caatinga	diurno, a las primeras horas de la mañana y al anochecer	Cultivos de arroz; Humedales; cultivos de caña de azúcar	Límites de vegetación entre la caatinga y el agreste o entre el Cerrado; Zona del Agreste Autóctono	El género <i>Holochilus</i> spp. está distribuido por todo el territorio brasileño	FUNASA (2002) Agüero (1985)
<i>Oryzomys sublavus</i> (Wagner 1842) Vulgar: "Rato da fava"	Cerrados, Caatinga; Floresta húmeda	solitarios y nocturnos	Cultivos de arroz Tierras húmedas	Límites que dividen las unidades de ecosistemas entre la caatinga y el agreste; áreas agrícolas y plantación de caña-de dulce Autóctono	El género <i>Oryzomys</i> spp. está distribuido por todo el territorio brasileño	FUNASA (2002)
<i>Nectomys</i> sp Vulgar: (Quiara, o rato d'agua)	Floresta tropical	hábitos nocturnos y son semi acuáticos	Cultivos de cacao; Cultivos de arroz; plantaciones	matas densas	El género <i>Nectomys</i> spp., está presente en casi todo el territorio brasileño*	Cruz (1983); Santos (2000) Emmons (1990) FUNASA (2002)
FAMILIA CAVIDAE	-	-	-	-	-	-
<i>Kerodon rupestre</i>	Semiárido Caatinga	entardecer	Cultivos	Copas de árboles	Distribuido en la región	Elias (1983)

<i>Vulgar:</i> (<i>Mocó</i>)		colonias		Autóctono Su carne es muy apreciada entre la población del NEB, por su valor nutritivo	Nordeste de Brasil	FUNASA (2002)
FAMILIA MURIDAE	-	-	-	-	-	-
<i>Rattus norvegicus</i> <i>Vulgar:</i> (<i>Rato blanco;</i> <i>Ratazana</i>)	Cavan tocas abajo del nivel del suelo Aguas pluviales Cursos de agua dulce, salobres saladas	diurnos entre fuentes de agua y alimento	Zonas Urbanas Campo Cultivos Tuberías Estructuras eléctricas etc.	En cualquier ambiente	Son cosmopolitas	FUNASA (2002)
<i>Rattus rattus</i> <i>Vulgar:</i> (<i>Rato de tejado,</i> <i>Guabirú</i>)	Superficies de construcción tejados	Nocturnos terrestres	Propiedades Rurales Cultivos Zonas urbanas		Cosmopolita, y en Brasil principalmente en la región interiorana	FUNASA (2002)

Tabla de organización propia (Santos, Gedália Cruz, 2012). Adaptada de (Vicente, 2004).

Tabla 2. Resultados de correlaciones y del Coeficiente de Determinación entre VC(Propriá)BSFS y anomalías standarizadas de las RN.

Regiones Niños (BSFS) Año 2010	r	Sig.=0,000 (Bilaterall)	Tipo	Significancia 95%* 99%**	r ²	%
N1+2-ATSM (Pluviometría)	0,706*	0,010	L/N	95%	0,499	49,9
N1+2-TSM (Pluviometría)	0,708**	0,010	L/P	99%	0,502	50,2
N1+2-ATSM (MaxTemp)	-0,497	0,100	nl	ns	0,247	24,7
N1+2-TSM (MaxTemp)	-0,311	0,325	nl	ns	0,097	9,7

N1+2-ATSM (MinTemp)	0,068	0,833	nl	ns	0,005	0,5
N1+2-TSM (MinTemp)	0,247	0,438	nl	ns	0,061	6,,1
N3-ATSM (Pluviometría)	0,771**	0,003	L/P	99%	0,595	59,5
N3-TSM (Pluviometría)	0,747*	0,005	L/P	95%	0,559	55,9
N3-ATSM (MaxTemp)	-0,310	0,327	nl	ns	0,096	9,6
N3-TSM (MaxTemp)	-0,366	0,242	nl	ns	0,134	13,4
N3 – ATSM (MinTemp)	0,178	0,580	nl	ns	0,032	3,2
N3-TSM (MinTemp)	0,052	0,872	nl	ns	0,003	0,3
N4-ATSM (Pluviometría)	0,757**	0,004	L/P	99%	0,574	57,4
N4-TSM (Pluviometría)	0,739**	0,006	L/P	99%	0,546	54,6
N4-ATSM (MaxTemp)	-0,398	0,200	nl	ns	0,159	15,9
N4-TSM (MaxTemp)	-0,517	0,085	r<-0,05	ns	0,267	26,7
N4-ATSM (MinTemp)	0,156	0,629	nl	ns	0,024	2,4
N4-TSM (MinTemp)	0,004	0,590	nl	ns	0,000	0,0
N34-ATSM	0,761**	0,004	L/P	99%	0,579	57,9

Pluviometría						
N34-TSM (Pluviometría)	0,762**	0,004	L/P	99%	0,581	58,1
N34-ATSM MaxTemp	-0,312	323	nl	ns	0,098	9,8
N34-TSM (MaxTemp)	-0,423	0,170	nl	ns	0,179	17,9
N34-ATSM (MinTemp)	0,222	0,488	nl	ns	0,049	4,9
N34-TSM (MinTemp)	0,037	0,910	nl	ns	0,001	0,1

Tabla de organización propia (G.C.S, 2017). Análisis de datos (Cap. 5, ver Tabla 5).

Tabla 3. Resultados de correlaciones y del Coeficiente de Determinación entre VC(Propria)BSFS y las anomalías standarizadas de las COA SATL.

Categoría Oceánica SATL (BSFS) Año 2010	r	Sig. (0,000) (Bilateral)	Tipo	Significancia 95%* 99%**	r²	%
SATL-ATSM (Pluviometría)	0,776**	0,003	L/P	99%	0,602	60,2
SATL-TSM (Pluviometría)	0,726**	0,008	L/P	99%	0,527	52,7
SATL-ATSM (MaxTemp)	-0,395	0,204	nl	ns	0,156	15,6
SATL-TSM (MaxTemp)	-0,273	0,391	nl	ns	0,074	7,4
SATL-ATSM (MinTemp)	-0,021	0,948	nl	ns	0,000	0,0
SATL-TSM	0,264	0,406	nl	ns	0,070	7,0

(MinTemp)						
-----------	--	--	--	--	--	--

Tabla de organización propia (G.C.S, 2017). Análisis de datos (Cap. 5, ver Tabla 5).

Tabla 4. Resultados de correlaciones y del Coeficiente de Determinación entre VC(Propriá)BSFS y las anomalías standarizadas de las COA Franja Ecuatorial del Atl TROPICAL.

Categoría Oceánica Franj. Ecuat. Atl TROPICAL (BSFS) Año 2010	r	Sig. (0,000) (Bilateral)	Tipo	Significancia 95%* 99%**	r²	%
TROPICAL- ATSM (Pluviometría)	0,767**	0,004	L/P	99%	0,589	58,9
TROPICAL- TSM (Pluviometría)	0,740**	0,006	L/P	99%	0,548	54,8
TROPICAL- ATSM (MaxTemp)	-0,386	0,215	nl	ns	0,149	14,9
TROPICAL- TSM (MaxTemp)	-0,382	0,220	nl	ns	0,146	14,6
TROPICAL- ATSM (MinTemp)	0,011	0,972	nl	ns	0,000	0,0
TROPICAL- TSM (MinTemp)	0,064	0,843	nl	ns	0,004	0,4

Tabla de organización propia (G.C.S., 2017). Análisis de datos (Cap. 5, ver Tabla 5).

Tabla 5 (Table 1): Temporal scale for rodent outbreaks and ENSO events.

Plague	EN	LN	n-NEB	LSFS	LSFS (mm)
1978	weak	-	rainy	HMAP	1.127.4
1982	Very strong	-	drought	LMAP	780
1983	Very strong	weak	drought	MLMAP	484
1988	Moderate	strong	rainy	MLMAP	475
1993	neutral	neutral	drought	MLMAP	486
1998	Very strong	moderate	drought	LMAP	998.1
1999	moderate	moderate	rainy	LMAP	1.035.8
2005	weak	weak	drought	LMAP	1.460.1
2009	moderate	weak	rainy	HMAP	1.711.7
2010	moderate	moderate	drought	LMAP	867.6

Table based on [16,21,22,27,28]. Tabla REVISADA, modificada y actualizada (Capítulo 1, p.23), a partir de NOAA (2017) y Marengo Alves y Cunha, (2016).

ANEXOS II (Figuras)



Figura 1. Mosaico fotográfico de cacería con perros, PIB, 1999. (Foto: Autora, G.C.S., 1999).



Figura 2. Fotografía con vista del corte de planta de arroz en su parte basal, por las ratas (1999-2000) (Foto: G.C.S., 1999).



Figura 3. Fotografía con vista de mancha vacía por el corte de plantas de arroz por las ratas y “rizicultores” en su labor en una parcela (1999-2000) (Foto: G.C.S., 1999).

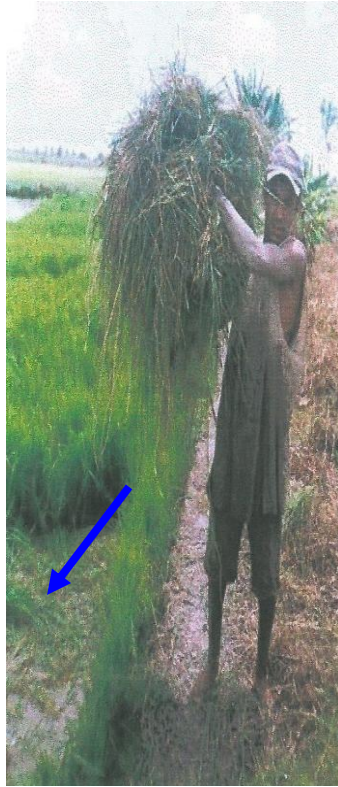


Figura 4. Fotografía con vista de agricultor demostrando paja de arroz cortada por la acción de las ratas (Parcela 339) (Foto: G.C.S, 1999).



Figura 5. Mocaiso fotográfico de parcelas con manchas de daños en el PIB, caracterizadas por ataque por el *H. sciureus* (Diciembre/2015) (Foto: Autora, G.C.S., nov, dic, 2015).

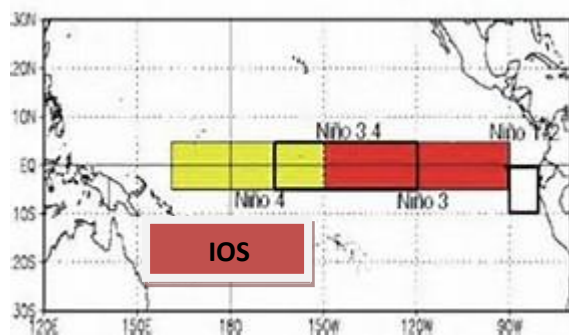


Figura 6. Ubicación oceánica de las “Regiones Niños” en el Pacífico Ecuatorial. (Fuente: NOAA, On line: figura regiones niños)



Figura 7. Vista actual de la estación de piscicultura en el PIB. (Fuente: CODEVASF, 2016).



Figura 8. Fotografía de parcelas con uso de piscicultura en el Sector 8 (Foto: G.C.S.A., mayo, 2012).

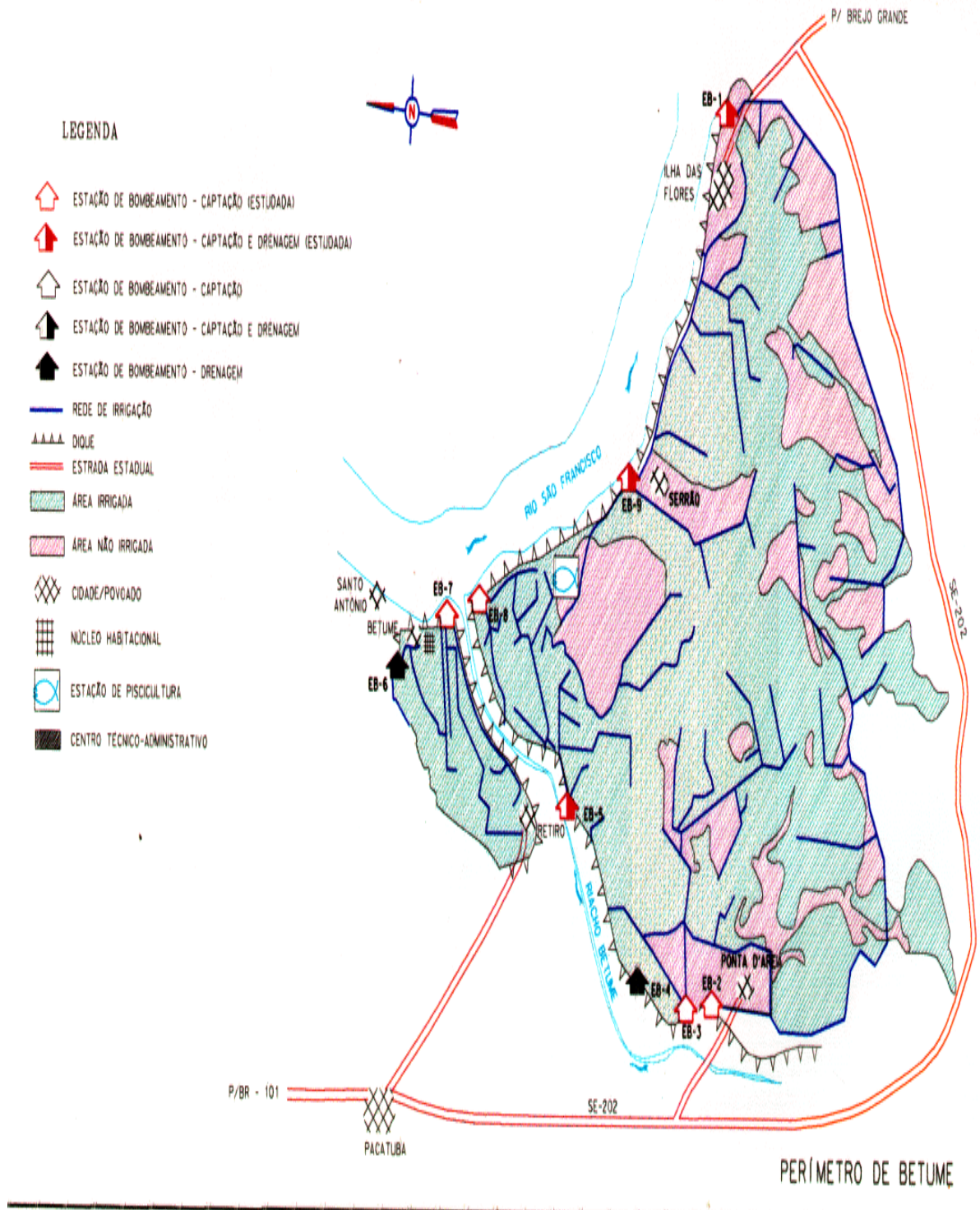


Figura 9. Mapa digitalizado del Perímetro Irrigado Betume (CODEVASF, 2007).



Figura 10. Mosaico fotográfico - PIB-Cosecha (1999-2000) (Foto: G.C.S., 1999-2000).



Figs. 11. Mosaico fotográfico- vista de la entrada principal del edificio del PIB y estructura de concreto con puertas de control de agua, PIB. (Foto: G.C.S. A., mayo, 2012).



Figs. 12. Mosaico fotográfico - corredores del modelo actual del PIB: drenos, carretera, canal (Fotos: G.C.S. y G.C.S.A., 1999/2000, 2012).

Diagrama 1. Modelo de la escala temporal ANUAL con relación al uso del suelo en el ATVB x AMPIB (Matriz del paisaje).

