**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Modelo dinâmico para a gestão e manejo sustentável de sistemas de
irrigação comunitários, no marco do Bom Viver: estudo do caso na bacia do
Rio Pisque**

Charles Jim Cachipuendo Ulcuango

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Ciências. Área de concentração: Engenharia de Sistemas
Agrícolas

**Piracicaba
2017**

Charles Jim Cachipundo Ulcuango
Engenheiro Agrônomo

**Modelo dinâmico para a gestão e manejo sustentável de sistemas de irrigação
comunitários, no marco do Bom Viver: estudo do caso na bacia do Rio Pisque**

Orientador:
Prof. Dr. **MARCOS VINICIUS FOLEGATTI**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Ciências. Área de concentração: Engenharia de Sistemas
Agrícolas

Piracicaba
2017

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP**

Cachipuendo Ulcuango, Charles Jim

Modelo dinâmico para a gestão e manejo sustentável de sistemas de irrigação comunitários, no marco do Bom Viver: estudo do caso na bacia do Rio Pisque / Charles Jim Cachipuendo Ulcuango. - - Piracicaba, 2017.

116 p.

Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Gestão e manejo comunitário da irrigação 2. Sustentabilidade de sistemas de irrigação comunitários 3. Eficiência técnica e econômica da irrigação 4. Modelo dinâmico I. Título

DEDICATÓRIA

As comunidades
indígenas dos Andes equatorianos
que têm que encarar realidades em
constante mudança

AGRADECIMENTOS

A meus parceiros da vida, por e com eles passamos muitas boas experiências nesta etapa da vida. Obrigado mesmo, Inti e Samay por suas incompreensões, tristezas, alegrias, paciência, amizade, respeito e capacidade de conviver no mundo com muita sabedoria. A Rocio por toda sua paciência e compreensão.

A Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación, (SENESCYT) pela concessão da bolsa (beca) e apoio para a realização deste doutorado.

A meu orientador Prof. Dr. Marcos Vinicius Folegatti pela motivação, confiança, paciência, apoio e profissionalismo na realização de este trabalho.

A Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador (UPS), minha Universidade no Equador, em especial ao Padre Javier Herrán, reitor, pelo apoio e confiança.

A Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Aos professores e pessoal administrativo do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas, pela acolhida.

Aos produtores e líderes das organizações da irrigação envolvidas na pesquisa, por abrirem as portas para a coleta da informação e reflexões feitas.

À equipe do Laboratório de Sistemas de Informação Geográfica da UPS em Equador.

À Maria Alejandra, Asdrubal Farias, Otávio Neto e Pedro Fernandes, meus colegas de estudo, quem ajudaram na conclusão do trabalho.

A minha professora e amiga Rita De Cassia Barbosa, pela motivação e ajuda na conclusão do presente trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	6
ABSTRACT	7
1. INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1. Sustentabilidade, Bom Viver e gestão da água	13
2.2. Organização social pela gestão da água	15
2.3. Tecnificação e eficiência na gestão de sistemas de irrigação	16
2.4. Dinâmica de sistemas na gestão dos recursos hídricos e Bom Viver	18
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1. Área de estudo	21
3.2. Coleta de informação e análise	22
4. RESULTADOS	27
4.1. A gestão comunitária da água e os sistemas de irrigação sustentáveis- uma prática do Bom Viver.....	27
4.1.1. Concepção da gestão comunitária da água em comunidades indígenas.....	27
4.1.2. Estrutura física, social e natural dos sistemas de irrigação comunitários	29
4.1.3. Visão sistêmica dos elementos da sustentabilidade para a irrigação comunitária em marco do Bom Viver.....	35
4.1.4. Gestão e manejo comunitário de sistemas de irrigação uma prática para o Bom Viver.....	38
4.2. Organização comunitária para a gestão e manejo eficiente da irrigação	40
4.2.1. Organização comunitária e tecnificação da irrigação	42
4.2.2. Sistema organizacional comunitário para a gestão da irrigação	47
4.2.3. Desafios comunitários em contextos locais e globais	49
4.2.4. A eficiência dos sistemas de irrigação comunitário um conflito técnico ou político	54
4.3. Sistemas de irrigação comunitários e agricultura irrigada: um aporte ao Bom Viver Rural.....	60
4.3.1. Sistemas de irrigação comunitários nas mudanças das dinâmicas socioeconômicas territoriais	62
4.3.2. Agricultura irrigada e as dinâmicas socioculturais	73
4.3.3. Agricultura irrigada e as dinâmicas sócio-naturais	76
4.4. Modelo para a gestão e manejo sustentável dos sistemas de irrigação comunitários	80
4.4.1. Definição do problema.....	82
4.4.2. Hipóteses dinâmica	83
4.4.3. Estrutura do modelo.....	84
4.4.4. Diagrama causal do sistema	85
5. CONCLUSÕES	97
REFERÊNCIAS.....	99

RESUMO

Modelo dinâmico para a gestão e manejo sustentável de sistemas de irrigação comunitários, no marco do Bom Viver: estudo do caso na bacia do Rio Pisque

A disponibilidade da água fornecida para a agricultura reduz-se por efeitos das mudanças dos ciclos hidrológicos e pelo crescimento populacional, portanto, põem-se em risco a sustentabilidade dos sistemas de irrigação comunitários. Em vista de isso, os usuários da irrigação estabelecem estratégias que permitam sobrelevar as novas realidades. Sem embargo, as políticas e a análise da gestão e manejo da irrigação são feitas a partir da hidrologia, a hidráulica, sociologia e economia de forma separada, em esse sentido, o propósito de este trabalho foi estudar as inter-relações sociais, ambientais, econômicas e culturais que ocorrem nos sistemas de irrigação comunitários e como o enfoque da gestão comunitária da água estabelecida na constituição e legislação do Equador no marco do Bom Viver, ajuda a sua sustentabilidade e a melhorar o uso da água na agricultura. O estudo foi realizado em 13 sistemas de irrigação comunitários da bacia do rio Pisque, localizada na serra norte do Equador. Foi usada a metodologia de dinâmica de sistemas a qual permite, avaliar sistemas complexos de forma qualitativa e quantitativa. A participação da organização comunitária foi importante e foram usadas ferramentas como: observações em campo, entrevistas, etnografia, grupos de diálogo e avaliações de vazões e volume da água utilizada na produção agrícola. Neste trabalho se encontrou que a irrigação comunitária é concebida como um sistema integral, composto pela natureza, comunidade e infraestrutura, na qual os usuários da irrigação conformam organizações com resiliência, sendo a tecnificação da irrigação uma estratégia para reduzir as perdas da água e incrementar a produtividade agrícola. Os indicadores, eficiência técnica e produtividade econômica da água foram avaliados, em três sistemas de produção, leite, produção de flores em ambientes protegidos e na agricultura diversificada familiar, sendo a produção de flores a mais eficiente. A tecnificação dos sistemas de irrigação melhora a agricultura, mas também provoca mudanças nos comportamentos socioculturais, no meio ambiente e nas relações socioeconômicas no território comunitário. Portanto o modelo para a gestão e manejo sustentável dos sistemas da irrigação comunitários considera estas realidades locais e conforma-se por três subsistemas, natureza, uso do solo e a comunidade, onde em cada um destes interatuam variáveis exógenas e endógenas que intervêm na sustentabilidade dos sistemas de irrigação. Incorporar variáveis sociais inerentes à comunidade na estrutura do modelo permitiu identificar e compreender o comportamento das causalidades nas variáveis da natureza e da produtividade do uso da água e do solo, de maneira que as soluções aos problemas, sejam abordadas de forma integral tendo em conta os princípios da sustentabilidade e do Bom Viver, sendo os fundamentos do enfoque da gestão comunitária da água.

Palavras-chave: Gestão e manejo comunitário da irrigação; Sustentabilidade de sistemas de irrigação comunitários; Eficiência técnica e econômica da irrigação; Modelo dinâmico

ABSTRACT

Dynamic model for the management and sustainable operation of community irrigation systems, within the framework of Good Living: a case study in the Pisque River basin

The availability of water supplied to agriculture is reduced by the effects of the changes in the hydrological cycle and population growth. This fact puts at risk the sustainability of the community irrigation systems. Therefore, irrigation users establish strategies that allow overcome new realities. However, the policies, management and operation of irrigation are done considering the hydrology, hydraulics, sociology, and economics separately. In this sense, the purpose of this work was to study the social, environmental, economic, and cultural interrelationships that occur in the community irrigation systems. In addition, this research analyses the community's water management approach established in Ecuador's Constitution of 2008 focusing in the Good Living framework, which conceptually tries to reach sustainability and improve the use of water in agriculture. The study was conducted in 13 community irrigation systems at the Pisque river basin, located in the highlands in Ecuador. The methodology consisted in the systems dynamics which allows to evaluate complex systems in a qualitative and quantitative way. The participation of the community was a key element and different tools were applied such as field observations, interviews, ethnography, focus groups, and assessments of water flow and volume used in agricultural production. This study shows that community irrigation is conceived as an integrated system composed by nature, the community, and infrastructure. Within this system, the irrigation users form resilient organizations and the modernization of irrigation is a strategy to reduce water losses and increase agricultural productivity. The indicators technical efficiency and economic productivity of water were evaluated in three production systems: milk, flower production in protected environments, and family's diversified agriculture. The results demonstrate that flower production is the most efficient. The technification of the irrigation systems improves agriculture but also causes changes in the socio-cultural behavior, the environment, and the socio-economic relationships within the community. Thus, the model for the operation and a sustainable management of the community irrigation systems considers these local realities, and it is formed by three subsystems: nature, land use and community. Each subsystem has exogenous and endogenous variables that intervene in the sustainability of the irrigation systems. Social variables inherent to community were incorporated in the model structure which allowed identifying and understanding the behavior of the causalities in nature and water and land productivity. Therefore, solutions to problems are addressed in an integral way considering the principles of sustainability and Good Living, as fundamentals of the community's water management approach.

Keywords: Management and community operation of irrigation; Sustainability of irrigation systems; Technical and economic efficiency of irrigation; Dynamic model

1. INTRODUÇÃO

A vida das comunidades rurais baseia-se na agricultura que ante o crescimento populacional e mudanças climáticas tendem a aumentar as áreas irrigadas a fim de incrementar sua produção e produtividade (RICHTER et al., 2015). As comunidades mantêm-se porque têm a capacidade de adaptar-se às novas realidades socioculturais, ambientais e econômicas, (BERKES; ROSS, 2013). A água e o solo são elementos naturais que não devem ser considerados como simples bens para obtenção de grandes benefícios econômicos (ERTSEN, 2010). Assim, a uma vez que as comunidades passaram a ter acesso a terras e água, este puderam fazer a gestão e manejo da irrigação de acordo com seus costumes e conhecimentos. Porém diante dos contextos atuais do Equador, para manter a sustentabilidade dos sistemas de irrigação comunitários, torna-se necessário resgatar alguns critérios conceituais dos paradigmas da sustentabilidade, do Bom Viver, e dos diferentes enfoques da gestão da água. Esse resgate tem como objetivo a implementação na prática de ações que melhorem o acesso, controle e uso da água, sendo a metodologia de dinâmica de sistemas uma ferramenta que permite fazer uma análise em sistemas complexos como estes.

Os enfoques da gestão da água (metabolismo sócio natural, gestão integral da água, gestão social da água, hidro sociologia, etc.) encarregaram-se de incorporar os elementos do paradigma da sustentabilidade com a finalidade de melhorar o uso da água, integrando as variáveis hidrológicas e sociais (SIVAPALAN; SAVENIJE; BLÖSCHL, 2012). Estes enfoques colocam como ponto central o ser humano. Entretanto, desde 2008 incorpora-se na Constituição e na Lei de recursos hídricos usos e aproveitamento da água do Equador, o enfoque de gestão comunitária da água, conceito que precisa ser fortalecido segundo as realidades locais nas diferentes escalas territoriais de gestão, de maneira que sejam articuladas as dimensões e princípios da sustentabilidade e do Bom Viver, onde o centro é a comunidade e a sua relação com a natureza (GUDYNAS, 2011). Por enquanto, nas realidades dos sistemas de irrigação comunitários da bacia do rio Pisque incorporou-se o conceito de gestão e manejo comunitário de sistemas de irrigação, cujo propósito é realizar um uso eficiente da água na agricultura, onde a inovação tecnológica nos diferentes componentes físicos do sistema e a melhoria das habilidades e destrezas individuais e comunitárias são elementos fundamentais para a sustentabilidade destes.

A gestão comunitária da água, procura que as comunidades podam ter acesso, controlar e usar a água, onde as ações nos territórios dos povos indígenas são comunitárias e a água é considerada como um elemento comum que gera vida (SANDOVAL-MORENO; GÜNTHER, 2013) e não um bem econômico coletivo (OSTROM; GARDNER, 1993). Os usos e costumes

podem ser considerados como exercícios de hábitos, regras e concepções que estão relacionadas com seu entorno natural, considerando-se como uma prática do Bom Viver (GUNTHER, 2014).

A análise da sustentabilidade dos sistemas de irrigação comunitários indígenas, envolve uma visão holística e multidisciplinar e não deve ser estudada apenas a partir de uma visão hidráulica, onde os sistemas de irrigação são considerados como um conjunto de componentes físicos que permitem levar a água desde as fontes até a unidade produtiva agropecuária (UPA). O enfoque da gestão comunitária da água, considera a irrigação comunitária como um sistema que tem três pilares fundamentais: a natureza, a comunidade e a infraestrutura, onde se desenvolvem complexas relações de mudanças culturais, benefícios econômicos, padrões hidrológicos e hidráulicos, que para sua articulação e integração geram-se ações de gestão e manejo incorporando as dimensões da sustentabilidade, social, econômica e ambiental (RAHAMAN; VARIS, 2005), e as dimensões, política e tecnologia-conhecimento do Bom Viver (BELOTTI, 2014). Para alcançar a sustentabilidade dos sistemas de irrigação comunitários também é necessário o diálogo com todos os atores envolvidos nas diferentes escalas da governança e governabilidade da água (MONTERO et al., 2006).

Em territórios comunitários, a irrigação converte-se no principal elemento de seu horizonte de vida. Para sua gestão, as comunidades praticam formas de governo comunitário, tendo como base fundamental o Bom Viver (PILATAXI, 2014), ou seja, não é necessário ter uma organização paralela ao conselho comunitário. No entanto, o regulamento do Estado para reconhecer a gestão comunitária obriga a estruturação de Juntas de usuários da irrigação (associações de usuários) e estas cumpram as exigências legais, situação que ocasiona conflitos no território por sobreposição de poderes (BOELEN, 2011), convertendo-se em um limitante para o desenvolvimento conceitual da gestão e manejo comunitário da irrigação.

Porém, a gestão e manejo dos sistemas de irrigação comunitários é realizada pelas organizações de usuários que depois da reforma agrária nos anos 60 e 70 reivindicaram seus direitos para ter acesso, controlar e usar a água em seus territórios (BOELEN, 2009). Entretanto, elas têm o desafio de enfrentar um cenário de redução da disponibilidade de água, do incremento dos requerimentos nas produções agrícolas, expansão das áreas urbanas e conflitos em sua governança. O conceito de resiliência nas organizações ajudará a entender como elas têm a capacidade de adaptação e transformação ante as novas realidades locais e globais (FOLKE; COLDING; BERKES, 2003) superando adversidades traduzidas na diminuição da disponibilidade da água para a irrigação.

A melhora do uso da água na agricultura depende dos usuários e da organização na gestão e manejo dos sistemas de irrigação, sendo que uma das ações de resiliência é a tecnificação

ou modernização do sistema, o qual leva em consideração uma intervenção integral na infraestrutura física e na geração de capacidades individuais e comunitárias dos usuários da irrigação para que sua gestão e manejo seja eficiente (TARJUELO et al., 2015). Além de existir um conflito ideológico, um indicador que pode adaptar-se à gestão e manejo da irrigação comunitária é a eficiência técnica, que vai depender do método da irrigação e o tipo de sistemas de produção, e pode ser analisada em três níveis: na unidade produtiva agropecuária irrigada, na distribuição e na condução (PLAYAN, 1994; SOARES DA SILVA; REIS; AMÂNCIO, 2014).

A gestão e manejo dos sistemas de irrigação tem como propósito melhorar o uso da água na agricultura, que, entre os meios e fatores da produção, desenvolve os sistemas agropecuários, mas também no contexto de territórios comunitários irrigados provoca mudanças nas dinâmicas sócio naturais, socioeconômicas e socioculturais. A produtividade econômica da água (VAN HALSEMA; VINCENT, 2012) e a geração de emprego são parte dos indicadores das dinâmicas econômicas, ao mesmo tempo que nas dinâmicas socioculturais na agricultura irrigada influenciam na identidade das comunidades (MAZABEL; MIRANDA; GONZÁLEZ-FUENTE, 2016). As ações humanas na natureza sempre vão gerar alterações no ambiente onde são implementadas, de modo que na agricultura irrigada intensiva, tais ações podem alterar os agro ecossistemas, como observado na diminuição da diversidade, em decorrência dos monoculturas, (ALTIERI, 1999) e contaminação dos corpos hídricos (SCHÜTZ, 2014).

A abordagem teórica do manejo da irrigação, realiza-se desde as ciências sociais (economia, sociologia, antropologia), a hidrologia, a hidráulica e sócio hidrologia (SIVAPALAN; SAVENIJE; BLÖSCHL, 2012) ou ciclo hidro social (LINTON; BUDDS, 2014). No entanto, de maneira holística, inter e multidisciplinarmente, a metodologia de dinâmica de sistemas permite inter-relacionar variáveis das ciências sociais, ambientais e econômicas (STERMAN, 2000). Os estudos realizados com esta metodologia em torno do elemento água e seus usos e interpelações ecológicas, culturais e econômicas são direcionados: i) a questões de oferta e demanda dos recursos hídricos e sua sustentabilidade como os apresentados por Xu, (2002), Elmahdi (2006), Sánchez-Román (2009), Sušnik (2012) e Xiong (2015), na China, Austrália, Brasil e África, ii) a abordagem de como a agricultura irrigada contribui para o desenvolvimento rural sustentável, conforme analisado por Barney (1995), Shi (2005), Yurong (2013), Gies (2014) e Kotir (2016) e iii) na integração das variáveis sociais, econômicas, hidráulicas e culturais para a gestão sustentável da irrigação coletiva (MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ; SELMA; CALVO-SENDÍN, 2000; FERNALD et al., 2012; SAMIAN et al., 2014; TURNER et al., 2016).

A pesquisa foi realizada com os sistemas de irrigação comunitários da bacia do rio Pisque localizada ao Norte da Serra equatorial. As fontes da água para irrigação são: superficiais

provenientes dos degelos do vulcão Cayambe e do escoamento dos ecossistemas alto andinos denominados “páramos” (cobertos com espécies de plantas herbáceas e arbustivas, sendo a principal a *Estipa ichu* de nome local paja), e subterrâneas em menor quantidade. Existem dois tipos de sistemas de irrigação considerando seu perímetro irrigado, individuais-coletivos e comunitários que por sua vez divide-se em dois: intercomunitário e comunitário. Nos territórios destes sistemas existem três tipos de produção agropecuária: sistema de produção de leite, produção de flores em ambiente protegido (rosas) e produção agrícola diversificada familiar (ADF), sendo utilizados os métodos de irrigação por aspersão, gotejamento e gravidade. Neste contexto, para manter a sustentabilidade dos sistemas de irrigação comunitários na bacia é preciso analisar os conflitos que existem tais como: demanda da água entre os sistemas de produção, eficiência na gestão dos sistemas de irrigação, benefícios no uso da água, escassez da água, contaminação hídrica e capacidade da organização para o manejo da irrigação.

Assim, este trabalho procura responder à pergunta: o enfoque de gestão comunitário da água, praticada pelas organizações comunitárias de usuários, contribui à sustentabilidade dos sistemas de irrigação comunitários no marco do Bom Viver? Desta forma o presente estudo teve como objetivo, estudar as inter-relações sociais, ambientais, econômicas e culturais que são geradas nos sistemas de irrigação comunitários utilizando a metodologia de dinâmica de sistemas que permitam estruturar um modelo dinâmico de gestão e manejo sustentável da irrigação comunitária, com o intuito de que seja uma ferramenta para a tomada de decisões e melhorar o acesso, controle e uso da água, e para a elaboração de políticas públicas que contribuam ao Plano do Bom Viver.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Sustentabilidade, Bom Viver e gestão da água

A sustentabilidade tem significados diferentes para as pessoas e instituições, bem como difícil definição em diversos contextos, segundo White (2013), podendo ser encontrados mais de 100 definições para este termo. No entanto, a sustentabilidade traz uma visão voltada para o futuro e para comunhão entre pessoas de diferentes áreas de estudo, ocupações e interesses, que pouco a pouco foi convertendo-se em parte do jargão do vocabulário neoliberal (KUHLMAN; FARRINGTON, 2010). O termo sustentabilidade é remontado a 300 anos atrás, quando em 1713 o diretor mina alemã Carl von Carwitz escreveu um tratado sobre silvicultura com um manejo sustentável do bosque (MICHELSEN; ADOMSEN; MARTENS, 2016).

A Tragédia dos Comuns escrito por Hardin em 1968, foi a chave para que surgisse o conceito de sustentabilidade (KUHLMAN; FARRINGTON, 2010). As definições são frequentemente predições das medidas que são tomadas hoje e que promovam a manutenção do recurso como a base da teoria do rendimento máximo sustentável proposto por Roedel 1975, citado por (COSTANZA; PATTEN, 1995). Porém em 1983, as Nações Unidas designaram uma Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento presidido pelo Ministro norueguês Brundtland que publicou o relatório final “Our Common Future” onde se difunde a definição mais conhecida como desenvolvimento sustentável. Posteriormente, o termo foi introduzido na linguagem de diversas instituições de cooperação e organismos multilaterais, onde ficou conhecido em diferentes situações do cotidiano nas dimensões sociais, ambientais, econômicas e institucionais (MICHELSEN; ADOMSEN; MARTENS, 2016), ou seja, existe uma junção de conveniências entre os conceitos de desenvolvimento e sustentabilidade, dando como resultado a expressão tão debatida o desenvolvimento sustentável (MEBRATU, 1998).

Para analisar a sustentabilidade dos sistemas de irrigação comunitários, leva-se em conta a definição da sustentabilidade e não do desenvolvimento sustentável. Por isso, primeiro é necessário definir o sistema em diferentes escalas espaciais e temporais. Para Costanza (1995) um sistema sustentável é o que sobrevive ou persiste. Biologicamente, a sustentabilidade significa evitar a extinção e garantir a reprodução. Ecologicamente significa evitar interrupções e colapsos, protegendo-se contra instabilidades e discontinuidades.

Na saúde, a sustentabilidade significa transformar formas de vida para maximizar as possibilidades de que as condições ambientais e sociais apoiem indefinidamente a segurança humana, o bem-estar e a saúde (MCMICHAEL; BUTLER; FOLKE, 2003). Para, Sen (2000) a

sustentabilidade é a existência de condições econômicas, ecológicas e sociais que permitem o funcionamento de uma sociedade de forma harmônica ao longo do tempo e do espaço.

Na gestão dos recursos hídricos também existe diferentes abordagens de sua sustentabilidade. Loucks (2000) propõe que sistemas de recursos hídricos sustentáveis são aqueles que têm adaptabilidade e resiliência frente a uma mudança, que em caso de falhas devem recuperar-se e funcionar eficientemente sem custo indevido. Entretanto, a sustentabilidade dos recursos hídricos no contexto global é posta em risco porque o ser humano apropria-se da água sem preocupar-se com os ecossistemas de seu entorno (KONAR et al., 2016). Por isso os tomadores das decisões devem estar determinados a solucionar os problemas específicos sem perder o contexto universal, envolvendo as dimensões sociais, ambientais, econômicas e políticas (GIORDANO; SHAH, 2014).

O Bom Viver, é um novo paradigma que foi introduzido nas constituições do Equador em 2008 e na Bolívia em 2009, propõe uma sociedade mais justa, articulando as liberdades democráticas e o progresso social com medidas que favoreçam a saúde, educação, moradia e trabalho (ACOSTA, 2014). Além disso reconhece os direitos da natureza a fim de alcançar um futuro sustentável (ANASTASOPOULOS, 2016).

Para o povo da Bolívia, implica um crescimento da qualidade da vida da pessoa com direta vinculação à natureza, uma procura do equilíbrio entre o ser humano e natureza que buscam o bem comum (CANQUI, 2011), ao passo que para o Equador o Bom Viver é “*a satisfação das necessidades, a consecução de uma qualidade da vida e morte digna, o amar e ser amado o florescimento saudável de todos, em paz e harmonia com a natureza para a prolongamento das culturas humanas e da biodiversidade*” (SENPLADES, 2010).

Então, o Bom Viver não é uma reconstrução do desenvolvimento, ou um retrocesso da modernidade, mas deve aproveitar todos os avanços técnico-científicos sem excluir outras fontes de conhecimento (saberes ancestrais) (GUDYNAS, 2011), e utilizar o que existe como a: conceito da sustentabilidade, agroecologia e economia ecológica entre outros. Os mesmos aparecem como meios acadêmicos e políticos necessários para avaliar o alcance do Bom Viver como ideal regulatório para a transição global à sustentabilidade (VANHULST; BELING, 2013a).

O Bom Viver propõe-se como um diálogo com os diversos paradigmas, enfoques contemporâneos e não como uma lembrança de um passado imemorial que oferece uma via inovadora para que a ilusão motriz do desenvolvimento sustentável (VANHULST; BELING, 2013b), se converta em um eixo sólido e compartilhado de uma necessária transição de uma sociedade ecológica e socialmente sustentável onde o uso do água e da terra são eixos

fundamentais para geração de vida em territórios rurais, em completa harmonia entre comunidade e natureza (ANASTASOPOULOS, 2016).

A partir da visão do Bom Viver a água não pode ser considerada como um recurso a ser apenas explorado, mas também, um elemento integrante do ciclo de vida da comunidade, devendo ser cuidada e aproveitada para suprir as necessidades humanas e do demais seres vivos, visto que a é um elemento comum (BELOTTI, 2014). Assim, a partir da sustentabilidade, o Bom Viver deve se ser analisado nas dimensões: i) econômica, visando fortalecer uma atividade equilibrada (produção-consumo) a nível local e regional, diversificar a capacidade produtiva, aproveitar eficientemente os elementos e gerar e distribuir a riqueza na sociedade (RIBEIRO, 2012), ii) social, buscando adotar valores que gerem comportamentos harmônicos com a natureza e entre seres humanos, manter um nível bom de vida pessoal e comunitária, reconhecimento das capacidades de homes e mulheres, reconhecer as diversas formas de saberes e conhecimento, ter a consciência social que a água é um elemento comum, iii) ecológico, a fim de manter o equilíbrio e diversidade de ecossistemas, espécies e genética, o funcionamento dos ciclos ecológicos não sejam perturbados, conservar ou melhorar os espaços onde se geram as fontes da água, evitar fatores de contaminação, e iv) no político, buscando desenvolver estruturas democráticas nas comunidades, promover a capacidade das comunidades, redistribuir o poder político e econômico na sociedade e organizações, fomentar a solidariedade, gerar espaços de diálogo entre os diferentes atores da gestão da água.

2.2. Organização social pela gestão da água

Os sistemas de irrigação comunitários são gerenciados e manejados pelas organizações de usuários que têm um amplo histórico de transformação e adaptação, visto que a resiliência é um conceito vigente para introduzir na gestão comunitária da água.

A resiliência é adotada em 1973 por Holling, como um conceito que ajuda a entender a capacidade dos ecossistemas de persistir no estado original (FOLKE et al., 2010). O termo é utilizado pela sócioecologia para explicar a interação entre o ser humano e a natureza em uma comunidade, levando em conta que as atividades humanas têm geram efeitos em escala global (STEFFEN; CRUTZEN; MCNEILL, 2007), de modo que a análise deve ser realizada como um conjunto e não de forma separada.

No entanto, a análise da resiliência das comunidades é feita a partir das vertentes teóricas, como a sócioecologia, a psicologia e saúde mental, sendo mais relevante a primeira para

sistemas complexos (BERKES; ROSS, 2013) como os sistemas da irrigação em territórios comunitários.

A resiliência como teoria de análise social permite observar fenômenos sociais de recuperação a curto e longo prazo de uma comunidade para alcançar seu bem-estar com uma capacidade de transformação mediante a troca de conhecimentos como uma forma de reconciliação para fins comuns, sendo um processo da realidade em construção permanente na governança dos recursos hídricos (HURLBERT; MUSSETTA, 2016). Pode apoiar e fomentar a capacidade adotiva e a auto organização mediante processos da planificação comunitária (BERKES; ROSS, 2013), e assim melhorar a distribuição da água de forma equitativa. A capacidade de adaptação e ação pode ser facilitada por membros da comunidade através da aprendizagem social (GOLDSTEIN, 2008) ou por agentes externos mediante políticas, como no caso equatoriano, as do Bom Viver e do desenvolvimento sustentável.

A resiliência da organização é a base para manter uma comunidade no tempo. Nesse sentido, a resiliência das organizações de usuários exige que seus membros tenham consciência da situação geral de suas vulnerabilidades e capacidade de adaptação em seu entorno complexo, dinâmico e interdependente para enfrentar situações críticas, tomando decisões adequadas e oportunas (MCMANUS et al., 2008), além de fazer frente ao normal desenvolvimento do dia a dia ou em situações de crise. Assim, a resiliência de uma organização pode assumir o conceito de resiliência institucional que se concentra no aspecto humano da relação com a natureza, incluindo eixos como o econômico, político e cultural, interno ou externo da organização. Então, uma organização de usuários segundo Aligica (2014) deve ter três componentes: capacidade de reação, adaptabilidade e evitar situações pouco manejáveis.

Segundo Berkes, Colding e Folke, (2013) o conceito de resiliência tem três características principais: i) a quantidade de transformações que um sistema complexo pode suportar, mantendo as mesmas propriedades funcionais e estruturais, ii. grau em que o sistema é capaz de auto organizar-se, e iii. habilidade do sistema complexo para desenvolver e incrementar a capacidade de aprender, inovar e adaptar-se, características que são úteis para a análise das organizações de gestão e manejo sustentável dos sistemas de irrigação comunitários.

2.3. Tecnificação e eficiência na gestão de sistemas de irrigação

A tecnificação ou modernização da irrigação é um processo que melhora a infraestrutura física dos componentes do sistema, considerando as demandas dos usuários e cuidando do ambiente (PLAYÁN; MATEOS, 2006). Porém, seu funcionamento e adoção são muito

complexo já que a modernização em todo momento deve envolver os usuários da irrigação, gerando capacidades para seu manejo (TARJUELO et al., 2015). Em todo projeto de modernização a comunidade deve ser considerada como ator e sujeito de intervenção onde os recursos econômicos investidos sejam de máxima utilidade (OLVERA et al., 2014). A modernização dos sistemas de irrigação provoca benefícios como o incremento da eficiência técnica com a diminuição das perdas na captação, condução, distribuição e aplicação da água nas unidade produtiva agropecuárias, bem como melhoria da produtividade da água econômica e da produção (LECINA et al., 2010).

A modernização da irrigação está muito ligada ao bom uso da água a partir dos pontos de vista técnico, econômico, social e ambiental. Como indicador deste bom uso o termo eficiência tem sido utilizado para justificar o estado dos projetos de irrigação, o qual pode estar desgastado em alguns setores, ou funcionando de maneira inadequada, sendo que a água aplicada e não armazenada pode ser desperdiçada, o que não ocorre no contexto de uma bacia (JENSEN, 2007). Também é considerado como um termo homogeneizador global que não considera as realidades locais, uma vez que as políticas dos Estados privilegiam os setores agrícolas que são mais rentáveis (eficientes), deixando de lado aos pequenos produtores e os conhecimentos de uso racional da água nas comunidades (BOELEN; VOS, 2012).

Em um mundo em que a escassez de água para a irrigação é uma realidade, torne-se necessário a utilização de um indicador que melhore o uso da água, levando em consideração as realidades locais no contexto global. Porém para Pereira (2012) podem ser adotadas novas terminologias, e o termo perda pode ser substituído por benefício e não benefício da água, considerando todos os custos do um projeto no qual deve ser avaliado o rendimento e produtividade da água partir de práticas sustentáveis. Para os engenheiros de irrigação o termo eficiência é chave para demonstrar o uso técnico da água, porém estes não levam em consideração o uso consuntivo e não consuntivo da água, sendo que a nível de uma bacia é possível mudar a terminologia para fração de uso consumível ou o coeficiente de uso de consumo (JENSEN, 2007).

Determinar um indicador do uso da água envolve alguns critérios que refletem as consequências das intervenções humanas analisadas como a definição da contabilidade da água e seus balanços nos diferentes níveis da bacia (MOLDEN, 1997). Por outro lado, o indicador que mais se adapta às realidades das comunidades indígenas no contexto do Bom Viver é a eficiência técnica. Essa indicador é definido como a relação da água conduzida pelo sistema e as necessidades hídricas da cultura (BRAVO-URETA et al., 2015), também denominada como uso consuntivo (benefício de uso) (PEREIRA; CORDERY; IACOVIDES, 2012) ou uso eficiente da

água (CLEMMENS; MOLDEN, 2007). No estudo foi considerada a eficiência técnica calculada a nível de aplicação, distribuição e canal principal, sendo que a partir do produto destas obteve-se a eficiência técnica total do sistema de irrigação (PLAYAN, 1994).

O termo eficiência da irrigação no tempo, que evoluiu partir do ponto de vista econômico, adquire a denominação de produtividade da água como a mais comum (PLAYÁN; MATEOS, 2006) e é a relação do retorno líquido monetário com o consumo da água. Pereira (2012) apresenta a diferença entre produtividade econômica da água e produtividade da água, que é a relação do rendimento da cultura com o consumo da água (kg m^{-3}).

No Equador, na constituição e lei dos recursos hídricos encontra-se o termo eficiência como parte de seus princípios e pode ser interpretada como eficiência técnica e eficiência de outorga que tem uma conotação econômica do uso da água (ALIGICA; TARKO, 2014), podendo ser considerado como uma ferramenta de avaliação do uso da água como promotora da sustentabilidade e equidade.

Neste trabalho, utilizamos a eficiência técnica e produtividade econômica ou eficiência econômica da água, que nas comunidades este termo está sendo utilizado.

2.4. Dinâmica de sistemas na gestão dos recursos hídricos e Bom Viver

A abordagem do Bom Viver é multidisciplinar, na qual o homem é parte de um ecossistema que deve manter o equilíbrio de si mesmo e dos outros seres. É complexo entender de forma quantitativa esta realidade, uma vez que a metodologia de dinâmica de sistemas tem por objetivo fazer aproximações a sua compreensão e propõe possíveis alternativas de solução aos problemas apresentados (BOULANGER; BRÉCHET, 2005). A dinâmica de sistemas está baseada no pensamento sistemático que ajuda a entender como abordar os problemas complexos que afetam ao desenvolvimento do ser humano. Além disso, visa encontrar soluções que envolvam a contextualização dos padrões de um fenômeno que permite estabelecer uma estrutura que incide em sua conduta, e analisá-lo de forma holística e multidisciplinar (SENGER, 2006). Segundo Arnold (2015), o pensamento sistêmico *“utiliza um conjunto de habilidades analíticas e sinérgicas para melhorar a capacidade de identificar e entender sistemas, prever comportamentos e desenhar modificações para produzir os efeitos desejados”*. Assim as habilidades trabalham juntas como um sistema de forma individual e coletiva.

A dinâmica de sistemas foi proposta e desenvolvida na década de 50 pelo engenheiro eletricitista Jay Forrester, e é uma metodologia usada para a construção de modelos que simula e analisa sistemas biofísicos e socioeconômicos complexos, baseado no entendimento dos

processos químicos, físicos, biológicos, socioeconômicos e políticas administrativas que se integram no comportamento dinâmico das variáveis de interesse. O propósito do estudo de dinâmicas de sistemas é entender como e por quê a dinâmica é gerada na natureza, procurando as soluções que tragam melhorias a essa realidade (FORD, 1999)

Segundo, Aracil (1995), a metodologia sistêmica permite ter uma visão da realidade mais ampla e holística, permitindo expor os problemas complexos, utilizando ferramentas como os diagramas de influência e modelos informáticos, que analisem os fenômenos como o conjunto de elementos de uma interação. A existência de retroalimentação, a não linearidade e retardamento nas relações entre variáveis são princípios fundamentais da dinâmica de sistemas (FORRESTER, 1968)

Os campos de aplicação da dinâmica de sistemas são amplos e variados e são empregados para construir modelos de simulação em quase todas as áreas das ciências ambientais, sociais e econômicas (STERMAN, 2000).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

O estudo foi realizado nos sistemas da irrigação comunitários da bacia do rio Pisque localizada na serra norte do Equador (Figura 1), que é caracterizada por abrigar 17% da população indígena (pertencentes ao povo Kayambi) nas zonas rurais (VILLACÍS; CARRILLO, 2011). As principais atividades econômicas da região são a produção de leite e derivados, flores em ambiente protegido, e agricultura diversificada familiar (ADF). Segundo os dados fornecidos pelo Laboratório de Sistemas de Informação Geográfica (LASIG) da Universidade Politécnica Salesiana (UPS), a região de estudo tem uma área de 111.863,06 ha, com elevações entre 1700 m a 4000 m acima do nível do mar. É limitada ao norte com a bacia do rio Mira, ao sul com a bacia do rio Chice, a oeste com a bacia do rio Guayllabamba e a leste com a bacia do rio Coca. Influencia os municípios de Cayambe e Pedro Moncayo, pertencentes à província de Pichincha, está 75 km da capital Quito e têm uma população de 118.967 habitantes. Os meses de junho a setembro são os mais secos com precipitações de 10 a 30 mm, temperaturas médias de 18°C e velocidade do vento média de 11 m s⁻¹. Os solos são andisoles de origem vulcânica e estão entre franco argilosos e franco arenosos.

Figura 1. Localização da bacia do rio Pisque e área irrigada por sistemas de irrigação comunitários
Fonte e elaboração: laboratório de sistemas de informação geográfica da Universidade Politécnica Salesiana do Equador (LASIG-UPS) 2016.

3.2. Coleta de informação e análise

Para geração de um modelo é preciso compreender o comportamento do sistema em estudo, entretanto a informação tem que ser ampla e de todos seus componentes. Os dados históricos são fundamentais, mas em muitas ocasiões não é possível encontrar este tipo de informação. A dinâmica de sistemas permite incorporar informações obtidas mediante consultas aos envolvidos no fenômeno ou com base em outros estudos (ARNOLD; WADE, 2015). Assim, os dados foram coletados utilizando diferentes ferramentas para cada um dos momentos da pesquisa (Figura 2) e segundo os diferentes grupos temáticos de informação e componentes do sistema.

Figura 2. Esquema das etapas executadas na pesquisa

A conceitualização da gestão e manejo dos sistemas de irrigação foi feita mediante entrevistas estruturadas (por eixos temáticos, 80 questões), diálogos grupais com os líderes das organizações e visitas de campo. Foram determinados os componentes, elementos e princípios que são postos em prática na gestão e manejo de 13 sistemas de irrigação representativos da bacia. Para determinar a área da bacia, uso do solo, áreas irrigadas, métodos de irrigação e sistemas de produção predominantes foram utilizadas ortofotos do ano de 2012 disponibilizadas pelo Ministério de Agricultura do Equador, as quais foram digitalizadas e processadas no

laboratório de sistemas de informação geográfica de Universidade Politécnica Salesiana do Equador (LASIG-UPS). Para atualizar e validar a informação, foram realizadas 7.212 entrevistas rápidas (com 28 questões) aos usuários da irrigação como grupo de amostra, no ano 2014-2015.

No estudo da organização para a gestão e manejo eficiente da irrigação, foram levantados dados do processo de tecnificação da irrigação comunitária, estrutura da organização, da relação da organização em escalas e da eficiência técnica do sistema. Para obter os dados das características da organização, foram feitas 13 entrevistas estruturadas a líderes dos sistemas e 199 entrevistas a usuários. Após o processamento das informações foi realizado um diálogo grupal com os líderes.

Para a tecnificação e eficiência da irrigação foram identificados momentos históricos chaves do processo de tecnificação, mediante entrevistas estruturadas aos 13 líderes, diálogos grupais e entrevistas estruturadas a técnicos das organizações não governamentais (ONGs) e das instituições públicas. Para avaliar a eficiência do sistema foram realizados trabalhos de medição de vazões na condução e distribuição dos 13 sistemas de irrigação, para avaliar o volume da água aplicada conforme o método de irrigação. Para o método de aspersão foi utilizado o método de pluviometria em 32 UPAs, enquanto que para o sistema de gotejamento, utilizou-se coletores em 30 UPAs. As necessidades hídricas das culturas foram calculadas com o software CropWat e as eficiências em cada um dos componentes foram calculadas com as equações propostas por Playan (1994).

$$EA = \frac{NHc}{Aasp} \cdot 100 \quad (1)$$

Em que: EA = eficiência de aplicação à nível de unidade produtiva agropecuária, NHc = Necessidades hídricas da cultura, Aasp = água aplicada pelo dispositivo na unidade produtiva agropecuária.

Aa eficiência à nível de distribuição é calculada com a equação dois, que expressa a relação entre a água aplicada na unidade produtiva agropecuária e a água entregue no sistema.

$$ED = \frac{Aap}{Aes} \cdot 100 \quad (2)$$

Em que: ED = eficiência de distribuição, Aap = água aplicada na unidade produtiva agropecuária, Aes = água entregue ao sistema.

A eficiência a nível de condução principal é a relação entre a água captada e a entregue ao sistema e irrigação equação três.

$$EC = \frac{Aes}{Acp} \cdot 100 \quad (3)$$

Em que: EC = eficiência do canal principal e Acp = água captada

Para obter a eficiência a nível de todo o sistema, relacionou-se todos os dados da eficiência descritos anteriormente (equação 4), sendo ESR a eficiência do sistema de irrigação.

$$ESR = \frac{EA}{100} \cdot \frac{ED}{100} \cdot \frac{EC}{100} \cdot 100 \quad (4)$$

Na análise da agricultura irrigada e Bom Viver, são consideradas as dinâmicas econômicas, sociais e naturais, sendo os critérios e variáveis: a produtividade da água, produtividade ou eficiência econômica da água; mudanças nos elementos de identidade comunitária e avaliação a qualidade da água na bacia.

A produtividade da água foi determinada com dados obtidos mediante entrevistas a 102 produtores de leite, 30 de flores e 67 de ADF. O cálculo foi realizado segundo a proposta de Playan e Mateos (2006), que considera a eficiência econômica como a relação entre os benefícios econômicos líquidos da produção e a água consumida, expressada em unidades monetárias por metro cubico (US\$ m⁻³) (equação).

$$IAC = \frac{RN}{ACR} \quad (5)$$

Sendo, IAC = índice de água consumida, RN o retorno neto pelo sistema de produção em dólares (USD) e ACR = quantidade real de água consumida em m³.

Para a definição dos elementos que mudam na identidade da comunidade pelos efeitos da agricultura irrigada nos territórios comunitários, foram realizados dois diálogos grupais com os líderes de 13 organizações comunitárias e os dados foram complementados com as entrevistas feitas aos produtores segundo o sistema produção.

Para avaliar a existência ou não de contaminação na bacia pela influência dos sistemas de produção, foram estabelecidos 12 pontos de amostragem que representam as partes alta, média e baixa da bacia. As mostras simples de água foram coletadas nos meses de julho, agosto e setembro (meses mais secos) no ano 2016. Para tornar amostragem o mais representativo possível, todas as amostras foram coletas no mesmo dia em todos os pontos entre as 08:00 e 10:00 horas do amanhã. As mostras foram analisadas no laboratório da UPS e os parâmetros foram determinados foram: DBO, DQO, coliformes totais, coliformes fecais e presença de nitratos e fosfatos.

A estrutura de um modelo com a metodologia de dinâmica de sistemas, compreende as seguintes etapas: identificação do problema, desenvolvimento da hipótese dinâmica, estrutura do modelo, diagrama causal, diagrama de fluxo e transposição do diagrama de fluxo ao sistema de equações utilizando softwares (STERMAN, 2000; BALA; ARSHAD; NOH, 2017). Os limites desse estudo vão até a conceitualização do diagrama causal, levando em consideração elementos alternativos da análise da sustentabilidade dos sistemas de irrigação comunitários. Com o enfoque participativo, foram feitos um diálogo grupai com líderes das organizações para estabelecer o

problema e a estrutura do modelo e dois com técnicos da irrigação para retroalimentar o diagrama causal.

4. RESULTADOS

4.1. A gestão comunitária da água e os sistemas de irrigação sustentáveis- uma prática do Bom Viver

A irrigação nos territórios das comunidades indígenas dos Andes equatorianos é manejada pelas organizações de usuários, que tem que enfrentar as mudanças sócio naturais, socioculturais e socioeconômicas, em um contexto onde o enfoque da gestão comunitária da água ainda tem que ser sustentado teoricamente. Nesta primeira parte dos resultados se apresentam as descobertas do conceito da gestão comunitária da água, a concepção da irrigação como um sistema, a visão dos elementos da sustentabilidade nos sistemas de irrigações comunitários e as ações da gestão e do manejo da irrigação comunitária como uma pratica do Bom Viver.

4.1.1. Concepção da gestão comunitária da água em comunidades indígenas

A gestão comunitária da água, proposta pelo Estado, deve ser realizada por organizações de usuários, sejam estas sociais e/ou comunitárias, representadas em “Juntas de Regantes e Juntas Administradoras de Agua Potable” (termos definidos na lei do Equador para as organizações de usuários da irrigação e para as organizações de usuários da água de consumo humano), cumprindo, assim, os regulamentos dos órgãos de controle. No entanto, existe um conflito entre o conceitual da gestão comunitária e o reconhecimento legal das organizações, visto que, em um território comunitário, a máxima autoridade da gestão do Bom Viver é o governo comunitário representado pelo conselho comunitário, mesmo que para evitar suplantar poderes ao interior de um território, este se encarregue de gerenciar os diferentes eixos de seu horizonte de vida, como a água, o solo, a produção, o desporto, a educação, a saúde, etc., (PILATAXI, 2014) (Figura 3); Isto é, o acionar das organizações de gestão da água e o governo comunitário é realizada no mesmo território e com a mesma população, nos quais se geram conflitos internos, como menciona Churucumbi (2014). No entanto, observa-se um fenômeno de adaptabilidade social para evitar estes conflitos, onde existem altos graus de coordenação entre as diretoras do conselho comunitário e das organizações de gestão da água, de tal maneira que estas são parte dos diretórios comunitários (Figura 3), ou seja, uma modalidade do exercício do governo em um território comunitário (PILATAXI, 2014). O mais importante é atingir os objetivos do Bom Viver, e isto ocorre porque os mandantes na gestão comunitária da água são os próprios usuários, e as decisões são tomadas na assembleia geral, sendo avaliadas pelos membros da comunidade (LINSALATA, 2014).

Figura 3. Relação da gestão comunitária da água, governo comunitário e Bom Viver

A gestão comunitária da água em territórios não comunitários é considerada como gestão social da água e acolhe alguns dos critérios da gestão integral e integrada da água (SANDOVAL-MORENO; GÜNTHER, 2013), conceito que provém da visão do desenvolvimento sustentável (RALF; JANOS; DIETRICH, 2016), enquanto que a gestão comunitária da água é realizada pelas organizações indígenas, que vivem em territórios comunitários, compartilhando os elementos naturais, mantendo seus costumes e suas tradições, característica do postulado do Bom Viver (GÜNTHER, 2014).

Para as comunidades indígenas, o água não é considerada apenas um bem comum, sendo um elemento que é parte de seu ciclo da vida, onde existem inter-relações entre as dimensões sociais, de conhecimento, naturais, espirituais, econômicas e políticas, que são próprias de uma comunidade ligada a uma visão ecologista e cultural da gestão comunitária da água (CARRASCO; ZAMORA; MECINAS, 2015). A água não é considerada como um bem para aproveitar e satisfazer necessidades e gerar rendas para acumular riqueza individual ou coletiva. A água para a irrigação nos territórios comunitários é conduzida desde a captação até a UPA, mediante um sistema de irrigação, que permite ter acesso, controle e utilizar este elemento articulando saberes ancestrais e contemporâneos que geram tecnologias que beneficiam comunitariamente a uma sociedade sem degradar os ecossistemas de outros seres vivos, considerando os princípios do Bom Viver a equidade, solidariedade, harmonia e reciprocidade (LEON, 2008), mesmos que em alguns casos são tomados em conta e, em outros, são ignorados pelas organizações e usuários da irrigação.

4.1.2. Estrutura física, social e natural dos sistemas de irrigação comunitários

Um sistema de irrigação comunitária para o mundo indígena e camponeses dos Andes equatorianos é conceituado como um sistema que gera vida em sua unidade territorial e é parte de suas inter-relações sociais e naturais (ACOSTA, 2014), mas, no sistema capitalista que se desenvolvem devem ser consideradas as inter-relações econômicas. Através da intervenção comunitária, são construídos canais, reservatórios, redes de encanamento, etc., que levam a água desde suas fontes até a unidade produtiva agropecuária de interesse. Porém, o sistema de irrigação comunitária não é a soma dos componentes de infraestrutura, mas, é um sistema que está sustentado em três elementos: a comunidade, a natureza e a infraestrutura (Figura 4). A partir destes, se criam padrões entre as ações humanas, as realidades hidrológicas e as propriedades hidráulicas de uso da água (ERTSEN, 2010). Desse modo, os sistemas comunitários de irrigação podem ser considerados como sistemas acoplados, naturais e humanos (FERNALD et al., 2012).

Figura 4. Elementos e componentes dos sistemas da irrigação comunitários

4.1.2.1. Estruturas naturais

Na cosmovisão das comunidades indígenas, o solo e a água são considerados como parte da mãe terra “pachamama”, denominação na língua quéchua que representa o espaço territorial onde a vida é gerada com a interação dos elementos físicos, biológicos e espirituais (BOELEN, 2014). Assim que, na estrutura natural de um sistema de irrigação, são estudados estes dois elementos.

O território da bacia tem uma área de 111.863,06 hectares, e é dividido em quatro partes, a saber: i) O espaço do nevado Cayambe e o ecossistema alto andino coberto com plantas

herbáceas maiormente e arbustivas, se localiza à 3.500 m acima do nível do mar e pertencem ao parque nacional Cayambe Coca, lugar onde encontram-se as principais fontes de água e denomina-se páramo; ii) Os bosques altos andinos, encontrados nos Páramos se localizam na parte média e baixa da bacia, possuindo uma área de 21.219,42 ha; iii) As construções civis e os reservatórios, que são consideradas as ruas, as vivendas e os reservatórios; e, v. A área agrícola, na qual estão os espaços com vocação agrícola a menos dos 3.500 m acima do nível do mar, tendo uma área de 42.802,60 ha, neste espaço, a área com influência dos sistemas da irrigação é 29.603,04 ha, dos quais 24.282,89 ha são irrigados, sendo, então, 5.320,15 ha potencialmente irrigáveis, sem levar em conta as possíveis novas captações de água pertencentes a outras bacias (Figura 5).

Figura 5. Área total, vocação do solo e áreas irrigadas na bacia do rio Pisque (ha)

Os sistemas de irrigação comunitária, na bacia são abastecidos de águas provenientes de fontes superficiais, dos degelos do nevado Cayambe, dos escorrimentos dos páramo se dos bosques alto andinos. Entretanto, a nível individual, também é utilizada a água subterrânea nas partes baixas da bacia, pelas empresas exportadoras de flores que não são parte da vida comunitária. A Secretaria Nacional da Água (SENAGUA) é o órgão quem dá as outorgas de uso da água. Assim, vigentes até o ano de 2014, são emitidas outorgas para pessoas individuais, organizações de irrigantes, instituições seccionais e instituições estatais. Das vazões autorizadas na bacia, 65% encontra-se entregue a organizações comunitárias, enquanto, que os 35% restantes são distribuídas às pessoas individuais ou às empresas agroexportadoras (Tabela 1), situação que demonstra que existe, ainda, iniquidades por parte do Estado na distribuição da água, dando

prioridade ao poder econômico e político no momento de fazer as outorgas (MANOSALVAS, 2012), sendo que, a área irrigada e o número de beneficiários é maior nos sistemas comunitários.

Dos sistemas de irrigações estudados, existe uma diferença de vazões entre as outorgas e os existentes na realidade, que equivale a uma média de 21%, enquanto que as diferenças entre a área estimada pelos técnicos da SENAGUA e a área realmente irrigada, há uma variação de 26% para os sistemas comunitários e do 5% para os sistemas individuais. É evidente que apesar das políticas de fortalecimento do Estado implementadas no governo da revolução da cidadania, não conseguiu pôr em prática os inventários e os seguimento das vazões outorgadas, assim poder fazer uma redistribuição da água de forma equitativa, como recomenda Paredes (2015)¹. Uma evidência da distribuição sem equidade é a relação da vazão por hectare irrigado, sendo 0,24 l ha⁻¹ para o caso das outorgas entregues as comunidades e para as pessoas ou empresas agroexportadoras 0,73 l ha⁻¹.

Tabela 1. Diferenças entre outorgas da água para organizações comunitárias e individuais

Outorgas	Outorgas SENAGUA					Dados de campo		
	N. Comunidades	N. Pessoa	Vazão (l s ⁻¹)	Área (ha)	Vazão-área (l ha ⁻¹)	Vazão (l s ⁻¹)	Área (ha)	Vazão-área (l ha ⁻¹)
Outorgas para organizações comunitárias	169	-	6.157,17 65%	27.938,31	0,22	4.864,16	20.652,80	0,24
Autorizações para pessoas - outros	-	296	3.373,91 35%	3.791,07	0,89	2.665,39	3.629,72	0,73
Total	169	296	9.531,08	31.729,38		7.529,55	24.282,52	

4.1.2.2. Estruturas físicas

Os povos indígenas da região andina, têm um processo histórico de despojo de suas terras e da água, a partir de sua conquista até a época republicana. Junto aos processos de reforma agrária, durante as décadas de 60 e 70, da mão da repartição das terras foi-se construindo uma infraestrutura de irrigação que nem sempre foi orientada às terras entregues às comunidades, mas que foi para as fazendas que estavam nas mãos dos grupos do poder de turno (RUF; NUÑEZ, 1991). Entretanto, os mesmos comunheiros (pessoas que moram em um território comunitário) construíram seus próprios sistemas de irrigação, como no caso dos canais de irrigação Guanquilqui, Borjatoma, Tabacundo e Pisque, pertencentes a zona deste estudo (CISNEROS, 1987).

¹ Informação fornecida por Paredes Domingo Secretario Nacional da Água na entrevista feita em Quito, 2015

Após dos dois períodos de reforma agrária, as terras das comunidades, incluindo os canais de irrigação, passaram a ser manejadas pelas organizações comunitárias e coletivas. Houve processos de descentralização de parte do Estado e que foram transferidos aos usuários, como é o caso do canal Pisque (RAMOS, 2016), ou por reivindicação e reclamação de legitimidade por parte das comunidades, que foi o caso dos canais Guanguilquí e Tabancundo. Na atualidade, segundo o Conselho Nacional de Concorrências, foi estabelecida uma tipologia de sistemas de irrigação, dividindo-os em sistemas públicos, públicos comunitários, públicos transferidos, comunitários, individuais-sócios e multiusos.

Considerando as relações socioculturais, socioambientais e socioeconômicas que ocorrem ao redor de um canal, ou “acequia” (termo tradicional denominado a um canal de irrigação), junto com os processos de acesso aos meios e fatores de produção, são identificados três tipos de sistemas de irrigação: o intercomunitário, o comunitário e o coletivo (Figura 6).

Figura 6. Estrutura física dos sistemas de irrigação intercomunitário, comunitário e coletivo (associado)

Na bacia, existem 15 sistemas de irrigação intercomunitário, que se caracterizam por fornecer cobertura de irrigação a várias comunidades, fazendas e empresas florícolas. Seu canal principal é longo e tem um sistema de repartidores da água ao trecho do canal, denominados “óvalos”; a área de cobertura e o número de usuários é variante (Tabela 2). Neste caso, por exemplo, se evidenciam na bacia, entre outros, o canal Tabancundo, que irriga 4.000 ha, possuindo uma distância de 65 km e uma vazão outorgada de 450 l s^{-1} . Possui 2.535 usuários agrupados em 5 organizações de segundo grau, a saber, a Corporação de Organizações Indígenas de Olmedo e

Ayora (COINOA), que engloba duas comunidades; a Federação de Organizações Populares Ayora Cayambe (UNOPAC) que atinge 11 comunidades; a Corporação de Comunidades Indígenas da paróquia Tupigachi (TURUJTA), com 5 comunidades; a Junta de irrigantes Tabacundo, com 23 comunidades; e a Junta de irrigantes Esperanza, com 8 organizações de base. Á água chega a Tabacundo em 1930 e inicia sua construção em 1906 impulsionado pelo Governo Municipal de Pedro Moncayo (CHONTASI, 1987).

O canal Pisque foi construído por um projeto desenvolvido pelo Estado, para abastecer, fazendas, comunidades e, atualmente, as floriculturas. Este dispõe de uma vazão de 4.500 l s^{-1} , com uma distância de 68 km, e 8.280 beneficiários agrupados em 11 paróquias, 10 empresas florícolas e quatro fazendas. O sistema de irrigação Guanguilquí possui um volume de 400 l s^{-1} , e um percurso de 45 km que cobre 2.000 ha, com 4.000 usuários, em 50 comunidades, quatro fazendas individuais e duas florícolas. Este sistema foi impulsionado pelas comunidades indígenas da paróquia Canguagua, e o Estado investiu recursos econômicos através do projeto de Desenvolvimento rural integral DRI nos anos 90.

Um sistema de irrigação comunitária, em geral, cobre o território de uma comunidade onde as empresas florícolas e as fazendas fazem parte da mesma. Caracterizam-se por cobrir entre 45 a 2.000 hectares, com vazões que vão de 4,20 a 210 l s^{-1} , e que são usufruídos entre 16 a 500 usuários. 61% dos sistemas de irrigação pertencentes à bacia são deste tipo (Tabela 2).

O sistema de irrigação coletiva ou associação tem uma cobertura de irrigação para grupos de agricultores, fazendeiros e floricultores que não se encontram baixo um regime de vida comunitária, na bacia existem 15 (Tabela 2).

Tabela 2. Quantidade de sistemas de irrigação segundo o perímetro irrigado

Sistema de irrigação	Quantidade
Intercomunitário	15
Comunitário	48
Coletivo	15
Total	78

As infraestruturas da irrigação no decorrer do tempo mudam. Entre os anos 80 e 90, as redes de conduções e distribuições foram de canais abertos e óvalos de distribuição, porém, desde meados dos anos 90, iniciaram-se os processos de tecnificação com a pressurização da água e a infraestrutura foi modificada, sendo, a água conduzida e distribuída por tabulações, o sistema de reparto passou a ser por meio de válvulas e a aplicação na unidade produtiva agropecuária, através de aspersores e gotejadores, como se analisará no próximo capítulo. Isto é, conforme

muda a infraestrutura, também se alteram as realidades socioculturais, os padrões hidrológicos e as condições hidráulicas.

Na bacia do rio Pisque, o método de irrigação por aspersão é o mais desenvolvido, atingindo 58% da área, baixo a influência da irrigação, e está ligado ao sistema de produção de pastagem e da agricultura familiar diversificada (Figura 7). Os métodos de irrigação por gotejamento têm a capacidade para irrigar 13% da área e está relacionada com a produção de flores para exportação; e, finalmente, nos 29% restantes da área, se mantém outros métodos de irrigação, como o de sulcos e de faixas, que estão instalados nos sistemas de produção de batatas, de cebola e de pastagem.

Figura 7. Área irrigada (ha) de acordo com os métodos de irrigação na bacia do rio Pisque

4.1.2.3. Estruturas sociais

A unidade mínima de divisão administrativa do território nas zonas rurais da região andina, no Equador, é a comunidade, entanto que, a gestão da água é realizada com o enfoque de bacias hidrográficas (ECUADOR, 2010), de acordo com estes critérios são estruturados perímetros irrigados intercomunitários, comunitários e coletivos, também chamados distritos de irrigação (PALERM, 2008). Para a gestão e o manejo dos sistemas comunitários de irrigação, os usuários estruturam organizações sociais ou comunitárias, mesmas que são legítimas e legais nos diferentes níveis dos perímetros irrigados (HOOGESTEGGER, 2012). Assim, em sistemas de irrigação intercomunitários, existe uma organização geral de usuários que é reconhecida legalmente pela SENAGUA como Junta de irrigantes. No entanto, por cada óvalo, comunidade, setor e módulo, por sua vez, estruturam-se outras organizações que têm como função principal a

distribuição da água. Estas organizações, em geral, não são legais, mas são legitimadas pelos usuários que coordenam suas ações com a organização geral de irrigantes.

O tecido social que é construído entorno dos canais de irrigação, não somente é para manejar os sistemas, mas, também, para planejar a produtividade, a gestão dos elementos naturais e coordenar ações com todos os atores envolvidos no território, elementos que são considerados fundamentais na gestão sustentável dos recursos hídricos (RALF; JANOS; DIETRICH, 2016).

4.1.3. Visão sistêmica dos elementos da sustentabilidade para a irrigação comunitária em marco do Bom Viver

Se é assumida a sustentabilidade de um sistema como o que sobrevive ou persiste no tempo sem alterar os ecossistemas e respeitando as dinâmicas sociais (COSTANZA; PATTEN, 1995), o sucesso da mesma, no manejo dos recursos naturais, requer um trabalho interdisciplinar, assim como a participação do Estado nos diversos níveis, e a colaboração de todos os envolvidos (GLAVI; LUKMAN, 2007). Por enquanto, a sustentabilidade dos sistemas de irrigação comunitários em marco do Bom Viver, depende da disponibilidade de água destinada para esta atividade, e esta, por sua vez, está em função de diversos fatores, como a mudança climática, o crescimento populacional, a mudança nos ecossistemas, e tipo de produção agrícola (PALOMINO-SCHALSCHA; LEAMAN-CONSTANZO; BOND, 2016) e, para o caso dos andes equatorianos, está em função também da gestão e do manejo (operação) comunitário dos sistemas de irrigação, que estão a cargo das organizações comunitárias.

Considerando que, a irrigação comunitária é um sistema complexo composto pela interação entre a comunidade, a natureza e infraestrutura física, para atingir sua sustentabilidade o enfoque da gestão comunitária da água, ainda em construção, incorpora dimensões e princípios da sustentabilidade e do Bom Viver (Figura 8). Entre as dimensões que as organizações comunitárias põem em prática, se encontraram a ambiental, a social, a econômica, a política e o conhecimento tecnológico, dimensões estas que são reportadas nos casos dos sistemas de irrigação do México (GALVÁN, 2016).

Na dimensão ambiental, levam-se em conta os fatores climáticos, a oferta hídrica, a conservação das fontes hídricas, da contaminação e da disponibilidade do solo. Os fatores agroclimáticos e a disponibilidade da água são bases para o planejamento da produção agrícola e para a implementação dos sistemas de irrigação em um território (MARTINEZ, 2014).

Na dimensão social, a sustentabilidade é abordada em dois contextos. O primeiro, é na organização para a gestão da irrigação, desenvolvendo habilidades e destrezas individuais e

comunitárias que tem o ser humano como o centro, para formar estruturas organizacionais e gerar inovação no manejo dos sistemas de irrigação, mantendo sua identidade no contexto territorial em que está se desenvolvendo. Fora das derivas fundamentalistas que poderiam surgir do Bom Viver, os diálogos com outros modelos culturais e com as ideologias dos modelos culturais dominantes é necessário para alcançar sociedades ecológicas e socialmente sustentáveis (VANHULST; BELING, 2013b), atividades que deve ser promovida pelas políticas do Estado para que facilitem o investimento em capacitação e a implementação de infraestrutura de irrigação (ESPINAL, 2010); e o segundo, é o aporte que a irrigação realiza ao Bom Viver, sendo o principal indicador a qualidade da vida (SILVA; FREIRE; SILVA, 2014), que em territórios indígenas é difícil de medir, devido ao fato que existem particularidades locais que são complexas de homogeneizar, porém a sustentabilidade vai depender das realidades sociais, ambientais, econômicas e culturais do território específico (GALVÁN; FERMÁN; ESPEJEL, 2016).

Na dimensão econômica, refere-se: i) ao destino da água, o fomento da produção de alimentos ou de produtos de luxo (flores) e da matéria prima para a geração de energia, tendo o risco de chegar a mercantilização dos territórios comunitários que facilmente tendem a um sistema neoliberal (BOELEN, 2014). Entretanto, para o planejamento de investimento nos sistemas de irrigação pelo Estado, é necessário que os produtores individuais e as organizações de irrigantes tomem conhecimento deste critério; e ii) a capacidade financeira de operação e da manutenção dos sistemas de irrigação, que nas organizações comunitárias mantem, é fundamental uma autogestão e a não dependência do Estado ou da cooperação externa (GOGIÉ. P., 2006), no entanto, a intervenção do Estado deve ser complementar.

A dimensão do conhecimento tecnológico, para as comunidades indígenas é fundamental manter uma relação harmônica ao seu redor e manter identidades em um contexto global, gerando inovações em concordância com as realidades locais (PALOMINO-SCHALSCHA; LEAMAN-CONSTANZO; BOND, 2016). Assim, 100% dos sistemas comunitários de irrigação reconhecem a necessidade de articular o conhecimento ancestral com o contemporâneo e gerar tecnologias respeitando os seus contextos socioculturais, sócio naturais e socioeconômicos. Nesta dimensão, também é evidenciada como os conhecimentos individuais repercutem nos conhecimentos comunitários e vice-versa, porque não existe uma relação vertical na vida comunitária, mas, há uma relação cíclica.

A dimensão política na gestão e o manejo comunitário dos sistemas de irrigação é dada tanto ao meio interno como ao meio externo da organização. Ao interno, todos os sistemas de irrigação contêm estatutos, regulamentos e normativas para a gestão e o manejo da irrigação, onde, muitas das vezes, a tomada de decisões sobre a gestão e o manejo da irrigação são políticas,

e não técnicas. No contexto externo, as organizações comunitárias conseguem ser atendidas pelas instituições do Estado mediante protestos nas ruas ou estabelecendo espaços de diálogos, sendo uma forma de reclamar os seus direitos ao acesso, ao controle e ao uso da água (BOELEN, 2011), de maneira que, nos dez anos de governo da revolução cidadania, participaram na estruturação da lei e em políticas públicas, conforme Morocho (2015)². É assim que os dirigentes das organizações da irrigação conseguem exigir que o Estado implemente projetos de capacitação e de inversão na infraestrutura da irrigação.

Figura 8. Visão do modelo para a gestão e manejo comunitário dos sistemas de irrigação

Entre os princípios da sustentabilidade e do Bom Viver praticados na gestão e manejo comunitário da irrigação (Figura 8) foram evidenciados: a prática da solidariedade, reciprocidade, harmonia, equidade, espiritualidade, visualizados nas atividades como: nos trabalhos comunitários chamados “minga”, as “assembleias comunitárias” reportados também por Sandoval (2013), sistema de distribuição da água “turnos” e a contribuição econômicos para a operação e manutenção ou complementação dos sistemas de irrigação chamada “tarifas”.

² Informação fornecida por Morocho Hilario presidente do Governo da Paróquia La Esperanza na entrevista feita em Tabacundo, 2015.

4.1.4. Gestão e manejo comunitário de sistemas de irrigação uma prática para o Bom Viver

Para ter o acesso, o controle e o uso da água de irrigação, as organizações de irrigantes nos diferentes níveis dos perímetros irrigados realizam ações ao interno e ao externo da organização para potencializar a produção agropecuária, envolvendo todos os atores. Estas ações encontram-se agrupadas nas dimensões ambientais, sociais e econômicas da sustentabilidade (RAHAMAN; VARIS, 2005). Para o caso dos andes equatorianos, incorporam-se duas dimensões do paradigma do bom viver: o conhecimento tecnológico e a política (BELOTTI, 2014). Estas ações são diferenciadas como ações de gestão e de manejo ou de operação, e podem ser consideradas como respostas sociais, econômicas e ambientais para enfrentar a baixa disponibilidade de água para a irrigação em épocas de escassez da água (Tabela 3).

Nas ações de gestão que são relacionadas externamente à organização, há uma constante coordenação com as diferentes instituições públicas, para negociar e identificar projetos e cumprir com os regulamentos e o planejamento no território de Bom Viver; com organizações privadas fornecedores de materiais para a irrigação, para os insumos agrícolas e as organizações de serviços mecanizados; com instituições da sociedade civil (ONGs) para conseguir financiamento de projetos em cooperação; com instituições de educação, para negociar projetos de formação, visto que existe desconhecimento da lei e das técnicas de manejo agrônomo e hidrológico dos sistemas de irrigação. Já no nível interno, com o governo da comunidade, coordenam-se as ações do Bom Viver em seu território, como a proteção das fontes da água e o manejo do sistema com os usuários. As organizações no processo de gestão da água praticam a governança da água em seu território, que permite interatuar entre acadêmicos, técnicos, políticos, dirigentes e usuários da irrigação, gerando espaços sociais, sendo o diálogo a base desta interação que encaminham ao manejo sustentável dos recursos naturais (RIST et al., 2007).

As ações de manejo dos sistemas de irrigação, estão centradas principalmente na programação da irrigação, ou seja, em calcular a quantidade de água que a planta requer, levando em conta a opção agrícola do território, as condições climáticas, o estado fenológico da planta e o tipo de solo (CEA; ALONSO, 2015) (Tabela 3). Assim, é possível estabelecer turnos de rega e formas de distribuição da água de uma maneira mais técnica. Nos sistemas de irrigação comunitários, apenas 10% das organizações estabelecem os turnos com os critérios mencionados, enquanto que nas organizações restantes os turnos são estabelecidos empiricamente. O desconhecimento no manejo por parte dos dirigentes, dos operadores e dos usuários da água geram a um uso ineficiente do sistema (SANDOVAL-MORENO; GÜNTHER, 2013).

Sobre as ações de administração dos sistemas, entende-se, principalmente, como o gerenciamento do sistema e o manejo dos recursos financeiros. O controle e a avaliação do sistema centralizam-se em duas ações. A primeira, é no controle social das atividades encaminhadas pela organização e seus líderes (dirigentes); e, a segunda, na avaliação que se refere ao monitoramento dos componentes do sistema para que esteja em pleno funcionamento e que a aplicação da água, a nível de unidade produtiva agropecuária, seja correta conforme o método de irrigação.

Tabela 3. Principais ações para a gestão e manejo que são feitas nos sistemas de irrigação comunitários

Dimensões	Ações postas em pratica	Tipo de ações	Sistemas de irrigação		
			Intercomu-nitárias (%)	Comuni-tárias (%)	Coletivas (%)
Ambiental	Plano de manejo das fontes da água	G	100	89	0
	Conservação de fontes de água	G	90	64	10
	Proteção das fontes	M	67	43	10
	Controle das queimas dos páramos	M	67	78	5
	Sanções as pessoas que colocam em risco as fontes da água	M	33	67	0
Social	Elegem democraticamente a diretiva da organização	M	100	100	100
	Trabalho comunitários	M	100	100	0
	Tomada de decisões coletivas	M	100	100	50
	Fomentam a participação comunitária	M	100	100	0
	Recebem bono econômica os líderes	M	67	67	0
Econômica	Estabelecem de tarifas diferenciadas por sistema de produção e área	M	80	85	0
	Levam contabilidade dos recurso econômicos	M	100	67	14
	Existem aportes econômicos extras por usuários do material danado no sistema	M	100	100	100
	Destina orçamento para cuidado de páramos	M	67	22	0
	Destina orçamento para operação e manutenção do sistema	M	100	89	100
Político-institucional	Legalidade de la organização	G	100	67	100
	Têm regulamentos internos	G	90	60	71
	Intervêm na geração da política publica	G	67	78	0
	Coordenação entre outros envolvidos	G	100	90	50
	Gestão de projetos com o Estado	G	100	100	100
Tecnológico-conhecimento	Impulsam atividades de tecnificação da irrigação	G	100	100	100
	Os usuários conhecem a lei da água	G	18	17	39
	Realiza processos de capacitação de manejo da irrigação	G	33	22	0
	Promovem a operação do sistema por parte de delegados da comunidade	G	100	100	0
	Promovem trabalho comunitário para a manutenção do sistema	M	100	100	50
	A distribuição se realiza de forma equitativa	M	80	90	50
	Aplicação da água é feita conforme as necessidades hídricas da cultura	M	0	0	50
	Na UPA toda a família maneja a irrigação	M	100	100	40

G= gestão; M= manejo

Com estes critérios, considera-se que as ações da gestão da irrigação fomentam o uso eficiente da água, e as de manejo permitem o uso eficiente dos sistemas de irrigação, Incorporando elementos e princípios da sustentabilidade e do Bom Viver e nas ações que realizam as organizações comunitárias, é possível manifestar que, a **gestão** dos sistemas

comunitários de irrigação pode ser conceituada como o correto acesso, controle e uso eficiente da água, do solo e de outros recursos relacionados, com a finalidade de maximizar a produtividade agropecuária, de forma equitativa, solidária e inclusiva, mantendo a harmonia com a natureza, a identidade cultural e dialogando com todos os envolvidos ao interno e ao externo da unidade territorial irrigada.

Enquanto que, o **manejo** pode ser considerado como o conjunto de ações encaminhadas à programação da irrigação, da operação, da manutenção, da administração, do controle e da avaliação do sistema de irrigação e, geralmente, a sua relação é ao interno da organização.

4.2. Organização comunitária para a gestão e manejo eficiente da irrigação

A gestão e manejo dos componentes dos sistemas de irrigação como infraestrutura física, a comunidade e os elementos naturais, são fundamentais para o uso eficiente da água na produção agrícola. Em alguns casos, os usuários da irrigação e o Estado têm disputado sobre quem deve gerir e manejar a irrigação. A partir da visão centralista, existe por parte do Estado uma relação de poder de cima para baixo, sendo os usuários objetos dos processos de desenvolvimento implementados pela política pública dos governos (MUSSETTA, 2009). Além disso, a partir da reivindicação dos direitos e manutenção das identidades socioculturais, naturais e econômicas nos territórios comunitários, os usuários reclamam o direito terem autonomia na gestão e manejo da irrigação. Para isso, agrupam-se em organizações coletivas, associativas e comunitária, evitando assim o centralismo da gestão que o Estado tende a impor (BOELEN; HOOGESTEGEER; BAUD, 2015).

Nos Andes equatorianos, após a reforma agrária nas décadas de 60 e 70, os sistemas de irrigação passaram a ser utilizados nas comunidades indígenas, as quais tiveram que estabelecer organizações para administrar a terra e a água. Estas organizações comunitárias implementam processos de gestão e manejo da irrigação para ter acesso, controlar e usar a água com suas próprias dinâmicas socioculturais e sócio naturais, para o qual estabelecem regulamentos internos que permitem o cumprimento das normas legais do Estado.

A gestão e manejo comunitário tem o propósito de gerar elementos que encaminhem a sustentabilidade dos sistemas de irrigação, em dependência da capacidade da organização para enfrentar as novas realidades do território irrigado. Os critérios da sustentabilidade, resiliência e autogestão ajudarão a compreender a dinâmica que as organizações implementam na gestão e manejo da irrigação (BERKES; ROSS, 2013).

A análise da resiliência nas organizações comunitárias responsáveis pela gestão e manejo da irrigação pode ser feita em dois níveis: resiliência dos produtores agrícolas e resiliência da organização. Os agricultores que enfrentam fenômenos naturais como as secas e as mudanças nas políticas e regulamentos socioculturais e socioeconômicos, são capazes de assumir novos desafios, melhorando sua capacidade no acesso a crédito, a tecnologias, a conhecimentos e a informações do mercado (MALEKSAEIDI et al., 2016). Além disso, a aplicação deste tipo de ações aumenta a eficiência de uso da água.

O conceito de resiliência nas organizações de irrigadores permite analisar como os sistemas organizacionais mudam, aprendem, se adaptam e persistem no tempo (Figura 9). Folke, Colding e Berkes (2003) propõe que o estudo da resiliência das organizações seja dirigido em quatro aspectos que estão intimamente relacionados: i) as destabilizações, entendidas como distúrbios que destabilizam o “status quo”, são forças essenciais na transformação de sistemas complexos, ii) diversidade, que fornece fontes de respostas adaptativas. As organizações têm uma interação no território com outras em escala espacial: comunidade, localidade, regionais, nacionais e globalmente, neste contexto, as organizações comunitárias de irrigação têm o desafio de se envolver em novas realidades e manter as identidades locais sem isolar-se do contexto global, iii) conhecimento, permite o acesso à informação, a vivência de experiências e os processos de aprendizagem geram conhecimento que é adquirido e compartilhado na comunidade ao longo do tempo (MALEKSAEIDI et al., 2016), o qual forma o talento humano para a adoção de novas tecnologias na gestão da irrigação (HUNECKE et al., 2017), e iv) a auto-organização, utiliza a memória do sistema (sua história de transformações) como parte do processo de sua renovação e reorganização, sendo uma forma de exercício da autonomia.

Figura 9. Ações de resiliência em organizações de irrigação

Para manter sistemas de irrigação comunitários sustentáveis, as organizações implementam critérios que contribuem à resiliência individual e comunitária através da implementação de ações como: a tecnificação da irrigação, manutenção das estruturas organizativas fortalecidas bem como das relações de escalas e o uso de indicadores de eficiência técnica nos sistemas de irrigação.

4.2.1. Organização comunitária e tecnificação da irrigação

A tecnificação da irrigação responde às realidades locais onde a comunidade é o centro de intervenção no território (SANCHIS-IBOR; BOELEN; GARCÍA-MOLLÁ, 2017). Nos territórios das comunidades andinas, este processo começa após a reforma agrária, onde as populações indígenas alcançam as terras em primeira instância entre anos 60 e 80 (BRASSEL; RUIZ; ZAPATTA, 2008) e posteriormente, com constantes lutas têm o acesso à água. Por iniciativa das comunidades indígenas com o apoio das ONGs e do Estado são desenhados e implementados projetos de tecnificação da irrigação com a participação dos usuários, estratégia para que esses projetos sejam utilizados (OLVERA et al., 2014). Os projetos de tecnificação da irrigação com tecnologias coerentes com as realidades locais, geram benefícios econômicos, ambientais e sociais. A tecnificação da irrigação no território da bacia, basicamente consiste em pressurizar a água utilizando a gravidade como fonte de energia. Neste processo são geradas relações sociais e institucionais para o investimento na construção da infraestrutura física de sistemas e para a gestão e manejo da irrigação. Historicamente, o Estado, as ONGs e a própria

organização comunitária, têm participações diferentes no tempo nos processos de tecnificação da irrigação (Figura10).

Figura 10. Participação das comunidades, do Estado e das ONGs no investimento da tecnificação, e gestão da irrigação comunitária

4.2.1.1. O papel do Estado

O Estado intervém na gestão (também conhecida como administração) e no financiamento para a construção dos componentes dos sistemas comunitários de irrigação. A construção de novos sistemas ou sua complementação com fortes influências das políticas neoliberais nas décadas de 1980 e 1990, foram realizadas em áreas das fazendas e das empresas agroexportadoras, as quais tinham o poder econômico e político da época (BRASSEL; RUIZ; ZAPATTA, 2008). Ao ter que cumprir as políticas do Banco Mundial, o Estado diminuiu sua participação nos setores rurais. Assim, em 1994 o Instituto Equatoriano de Recursos Hídricos foi desativado (INEHRI) (MOREANO; HOPFGARTNER; SANTILLANA, 2016). Entretanto as políticas de transferência dos sistemas de irrigação foram implementadas tendo como resultados a entrega dos sistemas de irrigação aos usuários, como foi o caso do canal Pisque. Após isso, o Estado só cumpriu a função de financiar projetos pontuais de dotação material e fornecedor de maquinário para escavar reservatórios, segundo os requerimentos das organizações, sem manter qualquer tipo de coordenação interinstitucional ou de planejamento territorial. Foram executados projetos de irrigação financiados por organismos estatais, como o Ministério da agricultura, os governos provinciais e municipais, entre outros.

No governo da revolução cidadã (2007-2017) novas políticas foram geradas para a re-institucionalização do Estado, para o qual foram criadas a Secretária Nacional da Água (SENÁGUA), o Instituto Nacional de Irrigação (INAR), que foi desmembrado no ano 2014, e foi substituído pela subsecretária nacional de irrigação e drenagem como órgãos de planejamento da

irrigação (MOREANO; HOPFGARTNER; SANTILLANA, 2016). No ano 2014, as competências de irrigação foram transferidas para os governos provinciais, que financiam atualmente projetos de irrigação com o amparo da nova lei de recursos hídricos e do plano nacional de irrigação. Desta maneira, a participação do Estado nos últimos anos foi aumentando (Figura 10).

No entanto, as instituições não evoluem tão rapidamente e têm dificuldade em entrar na dinâmica das organizações comunitárias, apesar de que, na atualidade nos projetos de tecnificação da irrigação há um diálogo constante com as organizações, isto é, há uma relação de baixo para cima conforme mencionado por Manosalvas (2012). Outro fator que aumenta a intervenção estatal é a diminuição da participação das ONGs.

A segunda forma de participação do Estado foi no envolvimento direto na gestão da irrigação, a qual tem diminuído sua participação com o tempo (Figura 10). O INERHI administrou diretamente os canais Pisque e Gualguilquí, e o canal Tabacundo município de Pedro Moncayo. Estas administrações tinham como prioridade fornecer a água as fazendas e as empresas de flores, ficando as comunidades indígenas sem fornecimento de água. No ano 1990 a administração do canal Pisque é transferido para os usuários (RAMOS, 2016). Mediante lutas pela reivindicação de seus direitos, os usuários das comunidades do canal Gualguilquí manejam o sistema a partir de 1988 (DIRECCIÓN DE GESTIÓN DEL RIEGO, 2014), enquanto no canal Tabacundo os usuários iniciam a gestão no ano 2006 após lutas sociais contra do Governo Municipal de Pedro Moncayo (CACHIPUENDO, 2013). Estes três sistemas de irrigação passam de coletivos à intercomunitários e a gestão é feita pelas organizações comunitárias.

4.2.1.2. O papel das organizações não governamentais (ONGs)

Com um Estado fraco, as ONGs assumem um papel de liderança na tecnificação da irrigação, com a implementação de projetos integrais, intervindo na infraestrutura, na produção agrícola e na formação dos usuários. Segundo Herrán (2015)³ a Fundação Casa Campesina Cayambe (ONG local) promoveu a tecnificação da irrigação, e no ano de 1990 instalou o primeiro sistema de irrigação pressurizado usando a gravidade como fonte de energia na comunidade de Pesillo, beneficiando 12 pessoas. A participação dos usuários na concepção do projeto, na execução e no manejo do sistema, assegurou o funcionamento destes novos sistemas de irrigação. A participação no projeto, com o trabalho comunitário “minga”, acompanhamento

³ Informação fornecida por Herrán Javier sacerdote Salesiano diretor da ONG Casa Campesina Cayambe de 1987 a 2000 na entrevista feita em Quito, 2015

aos técnicos na compra de equipamentos e materiais, além da responsabilidade de pagar o crédito comunitário facilitado pela Casa Campesina Cayambe, foram decisivos para o sucesso do projeto de tecnificação, o qual transformou as formas de produção nos territórios comunitários.

O Instituto de Ecologia e Desenvolvimento das Comunidades Andinas (IEDECA), uma ONG local, executam a partir do ano 2000, projetos de pressurização dos sistemas de irrigação comunitários provocando o incremento da produção de cebola nestes territórios (COMMUNAL et al., 2016). Essa mesma ONG, a partir do ano 1990 implementou projetos de tecnificação da irrigação, principalmente nas parroquias Cangahua e Juan Montalvo do Cantão Cayambe, nestes projetos contemplava treinamento aos usuários, construção de reservatórios e revestimento de canais secundários e terciários que melhoraria a irrigação feita por sulco.

A partir de 2008, a ação das ONGs nos territórios vai reduzindo-se (Figura 10), pelas políticas implementadas pelo governo, as quais exigem a coordenação de suas ações com as instituições do Estado, de maneira que sua intervenção promova o cumprimento do plano do Bom Viver. Assim, são emitidos os decretos executivos presidenciais nº982 (Presidência 2008), nº 16 (Presidência 2013) e nº 739 (Presidência 2015), que, nas palavras de Chiriboga (2014), permitem ao Estado assumir um maior monitoramento e controle deste tipo de organização, motivo pelo qual as ONG locais que financiaram projetos de irrigação com recursos econômicos provenientes da cooperação internacional atualmente desapareçam.

4.2.1.3. A participação dos usuários da irrigação

É essencial a participação dos usuários na tecnificação dos sistemas de irrigação. Os usuários com identidade indígena facilitam os processos organizacionais (ALTMANN, 2017), sendo realizadas ações comunitárias de forma natural no planejamento da tecnificação, construção da infraestrutura física e na gestão e manejo do sistema.

A necessidade da melhoria do uso da água exigiu que as organizações se envolvessem diretamente nos processos de tecnificação. Assim, a totalidade dos sistemas comunitários planejaram a tecnificação em reuniões de usuários (assembleias) característica da vida comunitária (SANDOVAL-MORENO; GÜNTHER, 2013). Com a participação dos representantes das organizações e os usuários conjuntamente com os técnicos das ONGs e das instituições do Estado, estabelecem trajetórias dos canais ou tubulações, locais para construir reservatórios, etc., estando os usuários da irrigação envolvidos na execução do projeto, ou seja, construindo seu desenvolvimento.

O grau de envolvimento de todos os usuários no planejamento depende do tipo de sistema de irrigação. Em sistemas intercomunitários, por exemplo, o grau de coordenação direta com o usuário é fraco, por isso existem estratégias de coordenação entre comunidades através da representação de diretivas que não são legalizadas. Desta forma, evita-se o critério de que quanto maior o sistema de irrigação se perde a capacidade de comunicar-se com todos os usuários (DÍAZ-ROSILLO; MAZABEL-DOMÍNGUEZ, 2011). No caso dos sistemas comunitários, a coordenação é mais direta com todos os usuários, visto que sua cobertura territorial é de uma comunidade.

A forma de participação na construção da infraestrutura da irrigação, no tempo vai evoluindo, de modo que nos primeiros projetos a participação centra-se no trabalho, com recursos econômicos (Figura 10) diretos ou com créditos comunitários. O crédito torna-se uma ferramenta para promover a tecnificação da irrigação (HERRÁN, 2014), e a Fundação Casa Campesina Cayambe desde os anos 90 implementa um programa de crédito comunitário direcionado ao desenvolvimento da agricultura.

Uma das características da vida comunitária é o trabalho comunitário “minga” em benefício da comunidade, sendo realizado por todos seus membros (RAMIREZ, 1980). Todos os sistemas comunitários estudados implementaram as mingas, para a abertura da vala (trincheira) e para enterrar a tubulação. É tradicional que, cada usuário por dia tenha que escavar uma vala de 0,60 cm de largura por 0,80 cm de profundidade e 10 m de comprimento, sendo esta atividade obrigatória e é equivalente a uma “raya”, denominação para o registro desta atividade, em caso que o usuário que não participa desta atividade recebe uma multa equivalente ao custo de um dia de trabalho (US\$ 15-20). Em sistemas de irrigação como das comunidades de Pesillo e La Chimba, onde há cerca de 800 usuários, em um dia podem escavar 8 km e instalar a tubulação para pressurizar a irrigação. Se este trabalho comunitário se foi quantificado, estima-se que seu aporte equivale 30% do custo de um projeto de tecnificação de irrigação por aspersão.

A contribuição econômica dos usuários aumenta no tempo (Figura 10). No início, foram adquirindo créditos que foram utilizados para a aquisição de materiais (tubos, válvulas, etc.) de uso comunitário e para compra de equipamentos para a irrigação por aspersão de forma individual (HERRÁN, 2014). O poder aquisitivo das comunidades aumentou com as rendas geradas pela agricultura irrigada, permitindo complementar o processo de tecnificação ao nível da UPA. Na atualidade, por decisão da comunidade, concordam em fornecer uma “cuota”, termo utilizado para identificar as contribuições econômicas feitas pelos usuários. Na comunidade de Paquiestancia, para o complemento do sistema de aspersão nos setores El Tambo e San Miguel, cada usuário contribuiu com US\$ 600 para a compra de materiais comunitários. Individualmente

em média foi gasto US\$ 1.500,00 comentou Gualavisí (2016)⁴, isso, evidencia que as comunidades estão na capacidade de continuar os processos de tecnificação de forma autônoma, principalmente ao nível da UPA.

É claro que os usuários que estão organizados adquirem um poder de negociação e pressão para afirmar seus direitos e para ter aceso, controle e uso da água de forma autônoma de acordo com suas tradições e costumes (BOELEN, 2009).

4.2.2. Sistema organizacional comunitário para a gestão da irrigação

A estrutura organizacional das organizações comunitárias baseia-se nos processos históricos de resistência e reivindicação dos direitos das comunidades indígenas para ter acesso a terra e a água. Quando passaram a ter acesso a água para irrigação, a gestão e manejo estava sob controle das cooperativas comunitárias que foram formadas para administrar a terra obtida na reforma agrária. Posteriormente, as terras foram distribuídas individualmente e formaram-se comunidades jurídicas, deixando uma indefinição com respeito a quem faz a gestão água (MARTÍNEZ, 2016). Com base na lei da água de 1972 e 2014, o Estado estabeleceu que, para conceder autorizações (outorga) de uso da água, obrigatoriamente as comunidades devem formar uma organização de usuário chamada Junta de Irrigadores (Junta de Regantes), causando assim conflitos entre as comunidades que mantêm um regime de governança comunitária sem a necessidade de conformar outra organização no território comunitário (PILATAXI, 2014).

Todos os sistemas comunitários de irrigação são gerenciados e manejados pelas organizações intercomunitárias, comunitárias e coletivas, que mantêm uma autonomia no controle e utilização da água. Para obter as autorizações de acesso à água, as organizações estão sempre em coordenação com a SENÁGUA, além de manter sua legalidade.

Nas organizações intercomunitárias, duas denominações são apresentadas e são legalmente reconhecidas por a SEGAGUA: i) Junta de Regantes (associação de irrigadores), como o canal El pisque e o canal Gualguilqui, e ii) consórcios, Consórcio de Desenvolvimento de Gestão Integral da Água e Meio Ambiente (CODEMIA), sendo uma estrutura organizacional complexa, que começa com um diretório geral de cinco organizações de base, mesmas que estão localizadas territorialmente em cinco “parroquias” (unidade de divisão territorial a pôs do município), em cada organização de base tem organizações para cada óvalo de distribuição a várias comunidades e estas, por sua vez, se agrupam a unidades territoriais mínimas chamada

⁴ Informação fornecida por Gualavisí Gerardo, líder da comunidade de Paquiestancia na entrevista feita em Cayambe, 2016

setores. As organizações destas unidades de distribuição não são legais, mas são legítimas (Figura 11).

As organizações comunitárias mantêm estruturas a nível do território comunitário e setores, estando a nível comunitário legalmente reconhecidas pela SENAGUA como junta de irrigantes ou pelo governo comunitário, enquanto as organizações nos setores são legítimas e não-legais (Figura 11).

Figura 11. Estrutura das organizações intercomunitárias e comunitárias para a gestão e manejo de sistemas de irrigação

As organizações de gestão da irrigação mantêm um sistema organizacional representativo, composto por um presidente, vice-presidente, secretário, tesoureiro, síndico e membros suplentes, os quais podem assumir funções dos líderes principais em caso de sua ausência. Esta forma representativa da manutenção de um processo dinâmico de auto-organização e de renovação é característica da resiliência das organizações (FOLKE; COLDING; BERKES, 2003). Para a operação do sistema geralmente é designado uma pessoa denominada “aguatero” mesmo que tem a responsabilidade de controlar o fluxo da água na captação, canal de condução, reservatórios e canais ou tubulações de distribuição.

Estas estruturas organizacionais não são burocráticas e mantêm uma autonomia na tomada de decisões para a gestão e manejo, característica das organizações comunitárias de irrigadores andinas. Tais estruturas são capazes de agilizar as ações de gestão e manejo dos sistemas de irrigação em seus diferentes componentes físicos, naturais e socioculturais, com a participação de todos os usuários, tanto no trabalho comunitário como na tomada de decisão, em

articulação com os outros intervenientes e assim evitar processos burocráticos das instituições públicas (RODRÍGUEZ-HAROS; ROSAS-VARGAS; RUÍZ-RUEDA, 2010).

Estes sistemas organizacionais conseguem ser inclusivos e participativos, uma vez que todos os usuários estão dentro da organização, seus representantes são democraticamente eleitos por votação direta em assembleias ou por votação secreta. Este sistema autônomo de tomada de decisões de seus representantes aumenta a autonomia das organizações (RODRÍGUEZ-HAROS; ROSAS-VARGAS; RUÍZ-RUEDA, 2010). Os usuários da irrigação mantêm uma participação ativa ao monitorar as ações dos líderes que podem ser sancionados ou reconhecidos segundo cada caso.

O exercício da autonomia, na gestão do fluxo de informação direta e rápida entre todos os usuários, através das organizações dos óvalos, setores, módulos e unidades de irrigação leva a resolver os conflitos causados pela distribuição da água sem equidade. Em geral, as organizações da bacia do rio Pisque têm uma capacidade de auto-organização característica, própria da resiliência neste tipo de organizações complexas.

4.2.3. Desafios comunitários em contextos locais e globais

O objetivo de uma organização de irrigação é ter acesso, controle e uso a água e obter uma produção constante ao longo do ano, assim incrementa-se a capacidade produtiva do território irrigado. As organizações de irrigação estudadas, adotam o critério que devem aumentar as capacidades individuais de seus membros para usar a água eficientemente, especialmente nas temporadas secas, de modo que as necessidades para responder às adversidades obriga que os indivíduos e as organizações se transformem (ALIGICA; TARKO, 2014).

Para evitar o isolamento do contexto global, as organizações comunitárias devem considerar estratégias que lhes permitam fazer parte das novas realidades, onde o fluxo de informação, mobilidade econômica e tecnologia são dinâmicos (MORENO-JIMÉNEZ et al., 2014) e são desenvolvidos em diferentes escalas territoriais e não territoriais. O uso dos discursos da identidade, territorialidade, multiculturalidade e direitos coletivos, não deve levar ao isolamento da organização, mas, ao contrário, deve aumentar sua capacidade de fazer parte de um mundo globalizado.

Uma organização comunitária de irrigação, tem que manter relações em diferentes escalas espaciais (Figura 12) que impulsionam sua transformação, não devendo ser estáticas no tempo. As organizações devem manter relações com os setores ou instituições que manejem: i) o mercado, isto ajudará a promover a implementação de produtos agrícolas de acordo com as

demandas locais, zonal, nacional e globais, ii) a legalidade, permitirá manter as autorizações de uso da água e o reconhecimento legal da organização pelos organismos de controle do Estado e iii) o financiamento de projetos, isto permite ter acesso a recursos econômicos para a construção da infraestrutura de sistemas de irrigação, treinamento dos usuários e fomento da produção agrícola.

O mercado mundial, marca o horizonte do uso dos elementos terra e água no território da comunidade, por exemplo, se a demanda mundial de flores aumenta, nos territórios comunitários a área cultivada de flores aumenta, o que provoca o incremento a demanda de água. Desta maneira se provoca uma relação dinâmica entre a UPA, comunidade, localidade e o contexto global, as quais não estão necessariamente contempladas nas políticas do planejamento do Estado. É frequente que o mercado mundial esteja sobre as estratégias de desenvolvimento e da gestão dos recursos naturais dos países (OJHA et al., 2016).

Na escala nacional, as organizações comunitárias articulam-se principalmente com as instituições do Estado (Figura 12), que manejam as políticas e regulamentos do acesso e utilização eficiente da água. Mas, há uma fraqueza no planejamento territorial da produção agrícola irrigada, razão pela qual muitos projetos de irrigação priorizam a construção hidráulica, sem levar em conta a visão integral de gestão do Bom Viver (MOREANO; HOPFGARTNER; SANTILLANA, 2016). No entanto, segundo Garcia (2015)⁵ a partir do ano 2012, nos projetos de irrigação executados pela subsecretaria de irrigação são considerados de uma forma integral, levando em conta a viabilidade produtiva-econômica, ambiental e a capacidade da organização para o manejo da irrigação. Estes elementos podem ser considerados como parte do enfoque da gestão comunitária da água.

A relação nas escalas territoriais é considerada a partir da UPA, da comunidade, do perímetro irrigado, da bacia hidrográfica, da bacia social, da circunscrição territorial e da divisão político-administrativa do território (Figura 12). Na escala da UPA e da organização dos sistemas de irrigação há uma relação de coordenação entre os usuários e a organização para a gestão e manejo da irrigação. A comunidade e a organização do sistema da irrigação, mantêm uma relação para o planejamento do acesso e controle de água e, em alguns casos, para o planejamento do tipo de produtos agrícolas que podem ser implementados no território.

⁵ Informação fornecida por Garcia Dennis subsecretario da secretaria de irrigação e drenagem do Ministério de agricultura do Equador na entrevista feita em Quito, 2015

Figura 12. Relações que mantêm as organizações nas diferentes escalas territoriais para a gestão e manejo comunitário da água

A gestão da água de acordo com a lei de recursos hídricos do Equador afirma que deve ser feita com enfoque de bacias hidrográficas (Figura 13), de modo que, as organizações devem ter a capacidade de articular ações com outras organizações de gestão da água e evitar conflitos gerados principalmente pela disputa por seu acesso. Por parte da SENAGUA, foi proposto a estruturação do Conselho da Bacia Hidrográfica, e a restrição de que a representatividade dos sistemas de irrigação comunitários era mínima e as decisões concordadas não eram vinculantes. possivelmente foi uma razão para que este tipo de espaço de coordenação no nível da bacia hidrográfica não se consolidasse, sendo considerada apenas como uma unidade hidrológica e não como uma unidade territorial de planejamento do Bom Viver.

Figura 13. Bacia hidrográfica do rio Pisque como unidade territorial de gestão de sistemas de irrigação comunitários.

Fonte e elaboração: LASIG-UPS 2016

O Equador é um país multicultural e plurinacional que reconhece a autodeterminação dos povos, sendo um dos objetivos, alcançar o reconhecimento da gestão dos elementos naturais como a água e a terra em seus territórios ancestrais. Porém é evidenciada uma ambiguidade das políticas em um Estado na fase de transição, o que impede a prática de todo o seu potencial de planejamento endógeno destes territórios (ORTIZ, 2014). No entanto, no território do povo Kayambi, segundo Cachipundo⁶, os líderes têm a autoridade para resolver os conflitos e o planejamento do acesso e controle da água em coordenação com as instituições do Estado e as organizações comunitárias de gestão da água, cuja base espacial é o território ocupado pelos indígenas kayambis (Figura 14). Este território excede os limites da bacia hidrográfica, sendo considerada como um elemento técnico do planejamento hidrológico e hidráulico.

⁶ Informação fornecida por Cachipundo Agustín líder do povo Kayambi na entrevista feita em Cayambe, 2016

Figura 14. Território do povo Kayambi como unidade territorial de gestão da irrigação

Fonte e elaboração: LASIG-UPS 2016

É comum nos Andes Equatorianos, que os sistemas de irrigação comunitários sobreponham os territórios das bacias hidrográficas. As ações humanas constroem redes hidráulicas que extrapolam os fluxos hidrológicos naturais e os territórios das circunscrições territoriais dos povos indígenas. Ou seja, existem obras hidráulicas que geram relações sociais entre vários espaços hidrológicos, as quais Poats (2007) define como bacia social. Nestas realidades territoriais, torna-se mais complexa a gestão e o manejo da irrigação como um elemento para o desenvolvimento territorial, porque, há unidades político-administrativas e povos indígenas diferentes. Na unidade de estudo se apresentam quatro casos, sendo os mais representativos desta escala os sistemas de irrigação dos canais Pisque e Guanguilquí que cobrem áreas da bacia do Rio Guayllabamba, que pertencem territorialmente à povo Kitu Kara e administrativamente a município de Quito (Figura 15). A bacia social, permite visualizar a interação entre vários atores e distinguir que, estes estão inter-relacionadas em diferentes escalas espaciais, socioculturais e socioeconômicas (PERALES, 2016).

Figura 15. Bacia social como escala de gestão dos sistemas de irrigação comunitários
Fonte e elaboração: LASIG-UPS 2016

4.2.4. A eficiência dos sistemas de irrigação comunitário um conflito técnico ou político

A finalidade das organizações de usuários da irrigação e das instituições do Estado é evitar o desperdício da água, gerando-se assim o discurso do uso racional da água, levando em conta que é um elemento usado para o bem comum (BOELEN, 2015). No entanto, não existe clareza sobre quais aspectos técnicos estão envolvidos neste critério e como podem ser quantificados. Por isso, pode ser considerado o conceito da eficiência técnica e seus indicadores como parte do manejo comunitário da água assim: i) distribuição da água em turnos, ii) tipo de cultura implementada, iii) método de irrigação, iv) tempo e frequência de irrigação, v) volume da água consumida, vi) eficiência de aplicação na parcela e vii) de acordo com o Playan (1994) a eficiência de todo o sistema, considerando a eficiência na condução e na distribuição.

A frequência da irrigação, é um dos indicadores que a maioria dos sistemas estabelece para distribuir água baseando-se na disponibilidade de água. Em alguns sistemas, são considerados a área irrigada e o tipo de cultivo, por exemplo, na comunidade de Santo Domingo 1, não outorgam o turno de irrigação aos usuários que não têm suas UPAs cultivadas com pastagens de sementes melhoradas. Existem outras comunidades que não outorgam o turno, enquanto suas UPAs não estejam cultivadas. Estas decisões comunitárias não atendem aos

direitos de acesso à água, como poderia ser considerado em contextos externos ao território da comunidade, porém é interpretado como uma forma de controle do uso racional da água.

Em geral, para os sistemas de produção de leite e agricultura familiar diversificada, os turnos são concedidos cada 8 ou 15 dias, com períodos de 1 a 2 dias e 12 horas de irrigação por dia, a depender da área do cultivo. No caso da produção de flores em pequenas extensões, os turnos são diários e por um período máximo de 1 hora. As mudanças nos sistemas de produção e métodos de irrigação causam alterações no manejo dos turnos que as organizações tinham implementado. De tal modo, é possível verificar que as forças desestabilizadoras do sistema transformam as organizações, sendo parte dos processos de adaptação a novas realidades.

A pressurização da água utilizando a força da gravidade como fonte de energia, permite utilizar métodos de irrigação que aumentam a eficiência da irrigação. O conhecimento global colocado em circunstâncias locais permite inovações que podem incrementar a capacidade de adaptação das organizações (FOLKE; COLDING; BERKES, 2003). Assim, nos sistemas de irrigação pressurizados é utilizado o método de aspersão com uma cobertura do 58% da área dos perímetros irrigados da bacia. A irrigação por gotejamento é exclusivamente utilizada para o cultivo de flores e tem uma cobertura do 13% da área irrigada, enquanto o 29% são irrigadas por métodos superficiais. As organizações, mantêm um controle no uso de irrigação, e 80% das organizações estudadas que têm a irrigação pressurizada, não outorgam o turno aos usuários que não têm o equipamento para irrigar por aspersão ou gotejamento.

O volume de água requerida por cada um dos cultivos é calculado para o mês de agosto (mês mais seco do ano). O cultivo de pastagens requer $536,10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, enquanto, o cultivo de flores requer $1.132,20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, as quais apresentam maior consumo porque o cultivo é realizado em casa de vegetação, onde há temperaturas mais altas do ano, e, conseqüentemente, a evapotranspiração aumenta.

Os volumes de água aplicados foram avaliados em dois anos, nos períodos dos meses de julho a setembro, e a análise é realizada de acordo com o tamanho das unidades produtivas e tipo de cultivo (Tabela 4), (na seção 3.3.1.1 serão explicados detalhadamente os extratos das UPAs). Para a produção de pastagens em UPAs $< 1 \text{ ha}$, a água aplicada é $1.961,16 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, a média de aplicação neste sistema de produção é $1.106,99 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Esta diferença é porque as pequenas UPAs utilizam aspersores com bocais de diâmetro relativamente pequenos, que pulverizam a água, a qual é facilmente dispersa por ventos que atingem velocidades de até 17 ms^{-1} no período da tarde, momento em que é feita a irrigação. As UPAs que consomem menos água são aquelas que têm mais de 3 ha, porque há menor pulverização da água devido ao tipo de aspersores que utilizam, compostos por bocais com diâmetros maiores do que aqueles utilizados em UPAs < 1

ha. O desempenho do aspersor depende das condições de velocidade do vento, portanto, os agricultores devem planejar os momentos a irrigar, levando em conta esta variável, que afeta diretamente a eficiência da aplicação (ZAPATA et al., 2007).

Na produção de flores, o volume aplicado nos meses mais secos varia de acordo com o tamanho da unidade produtiva florícola (UPF). Em UPFs < 0,5 ha, são aplicadas as maiores quantidades de água ($1.173,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), enquanto que nas UPFs > 2 ha, o volume de água médio aplicado é de $1.170,31 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (Tabela 4). Tais volumes são equivalentes a uma lâmina de 4,5 mm dia^{-1} , valor que está entre as lâminas estabelecidas em zonas semelhantes (4 a 4,9 mm dia^{-1}) (ARÉVALO-H; VÉLEZ; CAMACHO-TAMAYO, 2013). Esta diferença entre unidades produtivas florícolas é causada pelo nível tecnológico da irrigação por gotejamento. Em pequenas UPFs a operação da irrigação é feita manualmente e a decisão de quando e quanto irrigar é baseado na observação e experiência do produtor, enquanto as APFs entre 2 e 5 ha têm um sistema automático que controla frequências e tempos de irrigação, baseados no conteúdo da umidade no solo, a evapotranspiração diária. Além disso, o pessoal é qualificado no manejo da irrigação por gotejamento.

Na ADF, o requerimento hídrico foi calculado levando em conta a produção de cebola, alface, batatas, feijão e milho. Em geral, as necessidades hídricas médias são de $521 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, enquanto que o volume aplicado é $680 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. O método de irrigação por aspersão é o mais utilizado neste sistema de produção, sendo, a frequência e os períodos de irrigação mais controlados, fatores que aumentam a eficiência da aplicação que é 76,62%.

A eficiência da aplicação da água na UPA é um dos indicadores técnicos mais utilizados para estimar o bom uso da água na agricultura (BRAVO-URETA et al., 2015). A irrigação por aspersão para produção de pastagem em UPAs < 1 ha, são as menos eficientes (27%), enquanto que naquelas que têm mais de 5 ha, a eficiência é maior (58%). Estas diferenças devem-se ao grau de pulverização da gota de água, frequência e período de irrigação, fatores que determinam a eficiência da aplicação do aspersor e, portanto, a quantidade total da água aplicada no cultivo.

No cultivo de flores a irrigação é feita por gotejamento. A menor eficiência se apresenta em UPFs < 0,5 ha, com 96,52%, sendo a média de 96,75%. A relação que existe com o manejo de frequências e períodos de irrigação juntamente com o nível de tecnificação implementado, afeta a eficiência de aplicação. Por exemplo, 65% dos pequenos produtores não têm seus próprios reservatórios, e a água é fornecida diretamente da rede de pressurização comunitária, que em alguns casos não têm um regulamento de distribuição de água acoplado a estas novas realidades.

Nos territórios comunitários, existem conflitos pelo uso da água entre os comunheiros produtores de leite e flores, porque entre estes, existe a crença que um sistema de produção consome mais água que o outro. Portanto, foi feita a avaliação do consumo da água no mês mais seco e anualmente. Também foi calculada a eficiência da aplicação de água no nível da UPA. Esta informação contribuirá a tomada de decisões comunitárias e fazer uma distribuição equitativa da água, decisões muitas vezes são políticas e não técnicas.

O consumo de água pelo cultivo de flores no mês mais seco é $1.170,31 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, enquanto a produção de leite é $1.106,0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (Tabela 4). A diferença não é significativa, porque a eficiência dos métodos de irrigação e o manejo que são utilizados por cada sistema são diferentes, sendo a irrigação por gotejamento a mais eficiente. Além de isso, o consumo anual tem diferenças, porque a produção de pastagens e a agricultura familiar diversificada são irrigada durante 6 a 7 meses, dependendo dos ciclos das chuvas, em que o consumo anual é de $7.814,27 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e $4.760,0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ respectivamente. Por outro lado, devido à frequência de irrigação na produção de flores no ano todo, o volume consumindo anualmente é de $12.639,29 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. O manejo de informação mais a experiência adquirida gera conhecimento que aumenta a resiliência das organizações (ALIGICA; TARKO, 2014) e contribui a solução de conflitos pela utilização da água.

Tabela 4. Indicadores da eficiência física de sistemas de irrigação comunitários conforme o tipo de produção agropecuária

Variáveis	Unidade	Produção de leite					Produção de flores				Agricultura diversificada familiar
		P1	P2	P3	P4	$\bar{P}$	F1	F2	F3	$\bar{F}$	
Requerimentos hídricos por ano	m³ ha⁻¹ ano⁻¹	3.209,48	3.209,48	3.209,48	3.209,48	3.209,48	10.669,20	10.669,20	10.669,20	10.669,20	3.126,00
Requerimentos hídricos por estacional	m³ ha⁻¹ mês seco⁻¹	536,10	536,10	536,10	536,10	536,10	1.132,20	1.132,20	1.132,20	1.132,20	521,00
Frequência de irrigação	dia semana⁻¹ mês seco⁻¹	1,00	1,00	2,00	2,00	1,50	5,50	4,80	5,50	5,27	1,00
Tempo de irrigação	horas	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	0,20	0,14	0,24	0,19	12,00
Quantidade de água aplicada por ano	m³ ha⁻¹	13.819,76	7.568,73	4.905,12	4.963,45	7.814,27	12.668,56	12.721,32	12.528,00	12.639,29	4.760,00
Quantidade de água aplicada em mês seco	m³ ha⁻¹	1.961,16	1.071,43	692,89	702,46	1.106,99	1.173,02	1.177,90	1.160,00	1.170,31	680,00
Eficiência de aplicação de água por gotejamento	%	-	-	-	-	-	96,52	96,12	97,60	96,75	-
Eficiência de aplicação de água por aspersão	%	27,34	50,04	77,37	76,32	57,77	-	-	-	-	76,62
P1= < 1; P2= >1 < 3; P3= >3 < 5; P4= > 5 (ha)		F1= < 0,5; F2= > 0,5 < 2; F3= > 2 < 5 (ha)									

A eficiência na distribuição é influenciada hidraulicamente pela infraestrutura construída, sendo a média dos sistemas estudados de 78,36% (Tabela 5), sendo que 80% dos sistemas de irrigação têm reservatórios e a condução da água é realizada por tubulação, evitando assim as perdas por infiltração e por evaporação. Nos reservatórios as perdas de água causadas pela infiltração e a evaporação dependem da superfície do espelho da água e da infiltração gerada segundo o tipo de construção, pela textura e estrutura do solo, e pelo material de revestimento (CORONEL et al., 2017). Em geral, 90% dos sistemas de irrigação não tem os reservatórios com revestimento, de modo que pode ser assumida uma perda da água por infiltração e evaporação do 3% (AGUIRRE, 2012). Outros fatores que afetam a eficiência neste nível são as ações humanas, o operador distribui a água sem ter uma ferramenta de medição de vazões, sendo esta é feita empiricamente com base em sua experiência ou nas pressões individuais dos usuários ou da organização.

Na condução, a eficiência é a relação da quantidade de água coletada (captada) e água fornecida nos diferentes óvalos de distribuição e hidraulicamente depende do tipo de infraestrutura na captação e na condução, sendo a eficiência média neste nível de 80,33%. Cerca de 80% dos sistemas estudados têm canais sem revestimento, por isso, presume-se que 15% da água é perdida pela infiltração e evaporação (AGUIRRE, 2012). O manejo (operação e programação da irrigação) influencia na eficiência, especialmente pela falta de controle de extravios da água na condução e pela ausência de rigor no controle de fluxo das vazões por parte das organizações de usuário.

A eficiência de todo o sistema é o produto da eficiência de aplicação, de distribuição e condução. Se o cálculo é feito levando em conta o método de irrigação por aspersão, a eficiência é de 36%. Entretanto, se é considerado o método de gotejamento a eficiência do sistema é de 61%. Porém, o uso de tecnologias e manejo dos sistemas de irrigação, influencia na eficiência de uso da água na agricultura. É claro que as ações humanas na gestão dos diferentes componentes hidráulicos do sistema de irrigação afetam sua eficiência, ou seja, há uma inter-relação entre as estruturas hidráulicas e as ações humanas (ERTSEN, 2010), que somadas aos padrões naturais dos usuários (agricultores) e as organizações vão adquirindo resiliência.

Tabela 5. Eficiência técnica dos sistemas de irrigação comunitários segundo método da irrigação

Método de irrigação	Eficiência do Sistema de Irrigação (%)			
	Aplicação	Distribuição	Condução	Sistema
Aspersão	57,77	78,36	80,33	36
Gotejamento	96,75	78,36	80,33	61

4.3. Sistemas de irrigação comunitários e agricultura irrigada: um aporte ao Bom Viver Rural

O desenvolvimento da agricultura está intimamente ligado à construção e à tecnificação dos sistemas de irrigação, sendo para os Estados, em vias de desenvolvimento econômico parte de suas políticas que fortalecem o modelo primário de exportação imposta pelos poderes hegemônicos (SABOURIN; SAMPER; SOTOMAYOR, 2014), causando, assim, a geração de elites econômicas que reclamam o uso da água para a agricultura de exportação de alimentos, produtos de luxo (flores) e matéria-prima para a produção de energia (YACUB; BOELEN; DUARTE, 2015). Esta realidade não é diferente das comunidades indígenas dos Andes equatorianos, onde a sua principal atividade é a produção agrícola.

O desenvolvimento visto apenas como o crescimento econômico possui diferentes estágios de evolução. Porém, na atualidade, se fala do desenvolvimento sustentável o que nasceu com a declaração do primeiro-ministro da Noruega e presidente da Comissão Mundial sobre Ambiente e Desenvolvimento (BRUNDTLAND, 1987), e ratificado na conferência de Rio+20, em 1992 (VANHULST; BELING, 2013). Entretanto, em 2008, no Equador, surge uma alternativa conceitual ao desenvolvimento chamado “Bom Viver”, um paradigma que está em processo de construção (Figura 16). Neste contexto, a partir da visão do mundo indígena, a produção de alimentos deve ser feita em plena harmonia com a natureza, sem danificar os ecossistemas de outros seres vivos. O que for produzido servirá para manter a comunidade, deixando de lado a acumulação individual e mantendo a identidade dos povos em uma unidade territorial (GUDYNAS, 2011).

A irrigação comunitária é considerada a base fundamental para potencializar a produção agrícola do território, enquanto a tecnificação da irrigação na visão capitalista é concebida como uma alternativa para aumentar a produtividade econômica do uso da água (SANCHIS-IBOR; BOELEN; GARCÍA-MOLLÁ, 2017), deixando de lado a produção para a segurança alimentar. Como foi manifestada anteriormente, a produção agrícola da bacia centraliza-se na produção de flores para exportação, de leite bovino e na agricultura diversificada da família (ADF). As ações de gestão e manejo comunitário dos sistemas de irrigação são tradicionalmente realizadas pelas organizações comunitárias, as mesmas que resgatam e visibilizam certos princípios da filosofia do Bom Viver, paradigma em construção que tem sido dificilmente interiorizado no discurso comunitário, que se deve à forte influência da colonização neoliberal nas comunidades da região (HIDALGO; BOELEN; VOS, 2017).

Figura 16. Concepção do mundo nos territórios rurais indígenas do Equador

No contexto de que as organizações comunitárias da gestão e do manejo da irrigação têm o acesso e o controle da água, fica o dilema de qual cultivo implementar em seus territórios, de maneira que sejam conservados e resgatados princípios e valores que tradicionalmente vêm praticado. Portanto, as organizações em constante articulação com os atores (envolvidos) do território, tomam decisões comunitárias para o uso da água, que, juntamente com os fatores da produção, permite o desenvolvimento da agricultura, a mesma que gera novas dinâmicas socioeconômicas, socioculturais e sócio-naturais, próprias das realidades locais que podem ser extrapoladas para contextos regionais e nacionais (Figura 17).

Figura 17. Gestão e manejo comunitário da irrigação e a agricultura irrigada no aporte ao Bom Viver

4.3.1. Sistemas de irrigação comunitários nas mudanças das dinâmicas socioeconômicas territoriais

Nos territórios comunitários entendidos como espaços geográficos, existem interações entre os seres humanos e seu entorno natural (CAPEL, 2016). O crescimento dos sistemas tecnificados da irrigação provocaram alterações nas dinâmicas socioeconômicas, a saber: primeiro, as mudanças nos sistemas de produção agrícola, de produtos como os cereais passaram a produção de pastagem para alimentação do gado (HERRÁN; SASTRE; TORRES-TUKOUMIDIS, 2017), e, também, os sistemas intensivos de produção e de altas inversões, trazem os sistemas de irrigação com altos níveis tecnológicos que asseguraram a produtividade do uso da água, como é o caso das empresas agroexportadoras de flores; segundo, na concepção da valoração da água e como indicador que se apresenta o retorno monetário por metro cúbico de água utilizada; e, por último, manter a população vinculada na agricultura irrigada.

4.3.1.1. Espaços territoriais e os câmbios de sistemas de produção

Em função das altitudes dos perímetros irrigados, antes da reforma agrária, a produção baseava-se no cultivo de cereais como a cevada, o trigo, a quinoa (cereal nativo dos Andes *Chenopodium quinoa*) e o milho; hortaliças como as batatas, cebola, feijão; a produção de leite bovino e da lã de ovelha, produções concentradas principalmente nas fazendas de latifúndios existentes nessas décadas (BECKER; TUTILLO, 2009). Após a reforma agrária, os novos proprietários da terra e da água procuraram outras alternativas para melhorar seus rendimentos econômicos, assim, a implementação da irrigação por aspersão mudou os cultivos de tubérculos e vegetais (batatas, cebola) pela produção de pastagem para a produção de leite (Figura 18), ao dizer

de Catucumbamba (2016)⁷ a produção de leite dá maior segurança na comercialização, tem menos risco climático e pode ser produzido durante todo o ano, situação que se repete em todos os sistemas de irrigação estudados.

A produção de flores em ambientes protegidos, que envolve altos investimentos econômicos, começou em 1988 em uma fazenda ganadeira localizada na comunidade de Cananvalle, com uma área de 1,5 ha (GUERRA, 2012), onde utilizaram a água fornecida pela acequia Tabacundo. Logo ao incrementar-se com este tipo de produção, utilizaram a água de poços construídos pelo Instituto Nacional de Recursos Hídricos (Estado) e pelos sistemas de irrigação que em essa época eram administrados pelo Estado. Este sistema de produção utiliza a mão de obra local e externa ao território comunitário. Quem trabalha neste cultivo adquire habilidades e destrezas no manejo da alta tecnologia, como a irrigação por gotejamento e o manejo fenológico e produtivo do cultivo em ambientes controlados. Então, os camponeses que já trabalharam nas empresas de flores e têm pequenas áreas de terra, pelo efeito da divisão das UPAs dos pais para os filhos (herança), e em muitas ocasiões, estão em abandono ou subutilizadas, estes começam a implementar suas próprios cultivos de flores, apesar de ser um sistema de produção que requer alto investimento e há alto risco no manejo especializado da cultura e pela dependência da economia global (MENA-VÁSCONEZ; BOELEN; VOS, 2016).

Entre os anos 1990 a 2000, quando os usuários da irrigação comunitária se tornaram produtores de leite, seu propósito foi melhorar a produção, comparando-se com os grandes fazendeiros. A dizer de Farinango (2016)⁸, os pequenos produtores de leite podem alcançar bons rendimentos ainda melhor do que os grandes fazendeiros. Os pequenos ganadeiros da bacia são considerados muito eficientes, sendo a produção de 12 l vaca dia⁻¹ que supera a produção média nacional de 4,5 a 4,9 l vaca dia⁻¹ (REQUELME; BONIFAZ, 2012). Hoje em dia, mantendo o critério de seus pais, os filhos planejam produzir flores em pequenas extensões, porque nós também podemos, temos o conhecimento, as terras, a água e acesso ao crédito, esse é o critério desses membros da comunidade que têm pouca área de terra. Os processos de mudanças dos sistemas de produção também são gerados pelo desejo mimético, conforme Mena (2016), de querer ser igual aos outros. Estas mudanças na orientação produtiva das UPAs nos territórios comunitários, geraram novos conflitos, não só com os produtores de flores que não são da comunidade, mas também com os seus familiares e com as pessoas que ali vivem, na qual as decisões comunitárias estão sobre as individuais, onde nota-se como as forças do mercado

⁷ Informação fornecida por Catucumbamba Segundo beneficiário do primeiro sistema de irrigação por aspersão da comunidade de Pesillo na entrevista feita em Cayambe, 2016

⁸ Informação fornecida por Farinango Alberto produtor ganadeiro da comunidade de Santo Domingo 1 na entrevista feita em Cayambe, 2016

mundial e do sistema capitalista praticado por um modelo neoliberal muda as realidades comunitárias (KNAPP, 2017).

Figura 18. Sistemas de produção agrícola e métodos de irrigação no processo de tecnificação dos sistemas de irrigação comunitária

Os efeitos da tecnificação da irrigação são manifestados nas mudanças dos sistemas de produção agrícola, gerando renda familiar estável, porém oferecendo maior segurança e bem-estar no setor rural. Entretanto, como já foi mencionado, na serra norte do Equador, as decisões sobre o que cultivar podem ser individuais, coletivas e comunitárias, em dependência da visão da gestão e do manejo da irrigação, que seja implementada na organização e sempre em coordenação com o governo comunitário.

Para estabelecer um sistema de produção, o usuário da irrigação tem que pedir autorização ao governo da comunidade, estar de acordo e autorizar, conforme seja a decisão tomada nas assembleias comunitárias. Prevalecendo o benefício comunitário sobre o individual, os usuários apesar de não concordar, respeitam e aceitam por obrigação estas decisões, caso contrário, simplesmente não podem adentrar ao turno da água. As organizações comunitárias que controlam a água têm muito poder de decisão em seu território, elemento de planejamento de seu horizonte de vida e manter-se no tempo (HIDALGO; BOELEN; VOS, 2017). Apesar disso, as mudanças nos tipos de cultivos implementados na bacia são evidentes, e hoje, da área irrigada (24.282,89 ha), 58% estão com pastagens, 29% com a agricultura diversificada familiar e 13% com a produção de flores (Figura 19).

Figura 19. Área (ha) por sistema de produção agrícola no território da bacia do rio Pisque

As organizações de usuários da irrigação têm o desafio de manejar cenários em que as decisões autônomas que estão apenas em um contexto local devem convergir com o que acontece no contexto nacional e global, sendo o mercado mundial o que marca as diretrizes na comercialização dos produtos agrícolas. É evidente que esta situação tem o risco de provocar a mercantilização da água, por motivo de que estes cenários impulsionam o crescimento econômico, a extração dos elementos naturais e a força de trabalho dos territórios contrários à visão dos povos indígenas (BOELEN; HOOGESTEGER; RODRIGUEZ DE FRANCISCO, 2014). Mesmo assim, em 55% dos territórios irrigados não existem estes tipos de reflexões.

4.3.1.2. Produtividade econômica do uso da água

A tecnificação dos sistemas de irrigação envolve altos investimentos econômicos e são financiados pelas instituições do Estado, ONGs e os próprios usuários. No sistema capitalista em que as comunidades andinas se desenvolvem, se propende a implementar estratégias para obter os melhores benefícios possíveis e no menor tempo. O indicador para medir a produtividade da água é a eficiência econômica ou produtividade econômica (PEREIRA; CORDERY; IACOVIDES, 2012), que equivale ao retorno monetário por metro cúbico da água utilizada. Este indicador é considerado uma proposta do modelo neoliberal de medir o uso da água, com o risco de privar o acesso ou diminuindo a autoestima das comunidades indígenas, por não serem bons em usar este recurso (BOELEN; VOS, 2012). No entanto, 100% das organizações manifestaram que, em suas realidades comunitárias, desde o momento que acederam às terras e a água, com os processos de tecnificação pretendem obter os maiores benefícios do uso destes elementos e poder justificar os investimentos realizados a nível individual em seus UPAs e a nível comunitário nos componentes físicos do sistema de irrigação. Produzir mais com menor

quantidade de água é um critério que é necessário introduzir na concepção da gestão e do manejo comunitário da irrigação, tendo em conta os princípios do Bom Viver.

Com a reforma agrária, as terras foram entregues de duas formas: Na primeira, a pessoas que tinham uma área de terra dentro das fazendas para a produção de autoconsumo chamados “huasipungueros”, no segundo as terras foram entregues as cooperativas agrícolas que depois se dissolveram e repartiram as terras individualmente entre seus membros, onde a área recebida variou de um até 10 ha (BECKER; TUTILLO, 2009). No censo realizado em 1990, a média de filhos das famílias rurais era de sete, até que, na segunda e terceira geração, as UPAs se dividiram e entraram em um processo de minifúndio; nesse caso, para o estudo, são classificados em estratos segundo o tamanho da terra e o sistema de produção, mesmos que tenham características produtivas diferentes (Tabela 6).

As UPAs dedicadas à produção de leite dividem-se em quatro extratos (CACHIPUENDO et al., 2017) (Tabela 6), e caracterizam-se por possuir, em média, P1 = 0,99 ha, P2 = 2 ha, P3 = 4,07 ha e P4 = 8,83 ha. A produtividade varia segundo cada um destes extratos. Em P1 a carga animal por hectare é 6,28 unidades bovinas adultas (UBA), enquanto que em P4 é igual a 3,17 UBA. Esta diferença se dá porque os produtores com 1 ha tentam pôr a maior quantidade de animais e incrementar a produtividade, sendo a alimentação do gado complementada com concentrado, assim têm uma produtividade que está em 23 l há dia⁻¹. Neste sistema de produção, a irrigação é realizada pelo método de aspersão.

As unidades produtoras de flores (UPF) dividem-se em três extratos (Tabela 6) tendo em conta que o estudo foi feito com UPF, que se implementaram com capitais dos usuários da irrigação comunitária e mantêm uma vida comunitária. O extrato F1 < 0,5 ha, F2 entre 1 e 3 ha, e F3 entre 3 e 5 ha. Nos ambientes protegidos, F1 tem uma densidade de 77.216,39 plantas ha⁻¹, enquanto que F3 possui 84.642,86 plantas ha⁻¹ e tem uma produtividade de 0,8 e 0,9 talhos planta⁻¹ mês⁻¹, respectivamente. A diferença ocorre pelo fato de o manejo tecnológico da planta, nos locais de produção F1 e F2, 50% é realizado pelos produtores com base em sua experiência ou por reconduções informais, enquanto que F3 existe uma equipe de técnicos encarregados do manejo, da irrigação, da produção e da pós-colheita.

A agricultura familiar diversificada é estabelecida em áreas médias com menos de 0,20 ha, existindo uma diversidade de produtos agrícolas e de animais pequenos, como galinhas, porcos e porquinho da índia “cuyes” (roedor *Cavia porcellus* comestível nos Andes), de modo que a produtividade é quantificada de maneira integral, com as despesas e receitas totais da UPA

Tabela 6. Características das unidades produtivas agropecuárias com irrigação

Indicadores	Unidade	Produção leite				Produção flores			Agricultura diversificada família
		P1	P2	P3	P4	F1	F2	F3	
Tamanho média da UPA	ha	0,99	2,00	4,07	8,83	0,20	0,94	3,60	0,20
Densidade média de semeadura	pl m ⁻²					77.216,39	82.300,90	84.642,86	
Carga média animal	UBA ha ⁻¹	6,28	4,70	3,76	3,17				
Produtividade média flores	talos pl ⁻¹ mês ⁻¹					0,80	0,78	0,90	
Produtividade média leite	l ha ⁻¹ dia ⁻¹	23,03	16,38	12,59	15,02				
Riego Aspersão pistões grandes	u		x	x	x				
Riego Aspersão pistões pequenos	u	x							x
Riego gotejamento manual	u					x			
Riego gotejamento semiautomático	u						x	x	
Riego gotejamento automático	u							x	

P1= < 1; P2= >1 < 3; P3= >3 < 5; P4= > 5 (ha)

F1= < 0,5; F2= >0,5 < 2; F3= > 2 < 5 (ha)

Pela pressão que existe por parte das instituições que financiam os projetos de irrigação, nós, Toscano (2015)⁹ manifestou, que como direção de irrigação da província de Pichincha, também exigimos que os projetos demonstrem o sistema de produção agropecuária que será implementada na nova área irrigada, mesmo que devam ter uma alta rentabilidade econômica e otimizem o uso da água e do solo. Estas diretrizes da produção direcionada ao mercado causa a perda da produção de alimentos para a família, afeitando, assim, a sua segurança alimentar (BEEKMAN, 2015).

No sistema de produção de leite, a produtividade em UPAs < 1 ha é de 294,74 l vaca⁻¹ mês⁻¹, enquanto em UPAs > a 5 ha é de 381,91 l vaca⁻¹ mês⁻¹; a diferença que se reflete nos retornos líquidos mensais são US\$ 116,12 e US\$ 1.091,08 respectivamente. A produtividade média econômica da água no mês mais seco (agosto) é de 0,12 US\$ m⁻³ ha⁻¹ e, anualmente, de 0,21 US\$ m⁻³ ha⁻¹ (Tabela 7), resultados semelhantes foram encontrados por Flores (2009) em seus estudos no México, onde obteve 0,26 US\$ m⁻³ ha⁻¹. Em UPAs < 1 hectare, apesar de ter maior carga animal e maior produtividade do leite por hectare, a produtividade da água é menor devido ao fato de que apesar de ter menos área cultivada usam mais água, pois 50% dos turnos de água nos dos sistemas estudados não são entregues de acordo com a área, mas entregue por usuário. Outro fator a ser tomado em consideração é o tipo de aspersor, como foi indicado no capítulo anterior.

No cultivo de flores o rendimento é medido de acordo com o número de talhos colhidos por planta no mês. O retorno líquido para UPF F1 < 0,5 ha, é 1.411,26 US\$ lote⁻¹ mês⁻¹, para ambientes F3 > 2 ha é de 39.990,61 US\$ lote⁻¹ mês⁻¹, com uma média de retorno líquido por hectare de 8,969.95 US\$ ha⁻¹ mês⁻¹, quantidades semelhantes aos apresentados por

⁹ Informação fornecida por Toscano Eduardo diretor da direção de irrigação do governo de Pichincha na entrevista feita em Quito, 2015

Lalaleo (2017) com 7,995.88 US\$ ha⁻¹ mês⁻¹, e por Mina (2015) com 9.521,45 US\$ ha⁻¹ mês⁻¹ de retorno econômico. A produtividade média da água para o mês de agosto é de 7,67 US\$ m⁻³, e tomando em conta todos os meses do ano, a média apresentada é de 8,52 US\$ m⁻³ (Tabela 7), diferindo daqueles reportados por Vemaza (2014) com 2,54 US\$ m⁻³. Estas diferenças ocorrem porque na investigação a análise de custo é feita apenas com a fase de produção, enquanto que, no outro caso, foi feita tendo em conta os custos da pós-colheita e da comercialização. As diferenças entre os produtores, de acordo com o tamanho UPF entre outras razões, são devido ao preço por talho baixo, que recebem os pequenos produtores que vendem sua produção aos comerciantes locais ou para as empresas grandes, ter a capacidade de exportar diretamente sua produção. Isto é pelo maior consumo da água ligada ao nível de tecnificação da irrigação. A automação da irrigação e o seu manejo com o talento humano qualificado aumenta a eficiência técnica e econômica do uso da água neste tipo de sistemas de produção (VAN HALSEMA; VINCENT, 2012).

A produção diversificada familiar, tem um enfoque agroecológico e cada dia fortalece-se e vai recuperando importância nos setores com processos de minifúndio, como também nas UPAs ganadeiras destinam uma parte de terreno para este tipo de produção, sendo assumido pelas mulheres, que sentem a necessidade de produzir alimentos para a família e em muitas ocasiões neste tipo de análise não é visibilizada a importância destas atividades (BEEKMAN, 2015). Este sistema de produção tem uma produtividade econômica de 0,29 US\$ m⁻³ nos meses mais secos e de 0,50 US\$ m⁻³ ao ano; nota-se a diferença com respeito ao sistema ganadeiro, onde o consumo de água é menor, ocasionado por praticar ações da agroecologia como ciclos produtivos em escalas, diversidade de produtos e manejo orgânico dos solos (ALTIERI, 1999) .

Comparando estes indicadores entre os sistemas de produção, é fácil entender que para enfrentar os processos de minifúndios, escassez de água e incremento de custos de vida, os usuários de forma individual querem implementar sistemas de produção que gerem maiores recursos econômicos e possam cobrir ditos custos de vida, como manifesta Ulcuango (2016)¹⁰. Através do manejo da tecnologia de irrigação, do manejo do cultivo, da busca de mercados alternativos e mantendo a identidade comunitária, estes agricultores podem ser resilientes (KNAPP, 2017).

¹⁰ Informação fornecida por Ulcuango Miguel produtor de 8,000 m² de flores na entrevista feita em Tabacundo, 2016

Tabela 7. Produtividade econômica da água por sistema de produção agrícola

Sistemas de produção	Área Média (ha)	Água consumida ($\text{m}^3\text{ha}^{-1}\text{sco}^{-1}$)	Água consumida ($\text{m}^3\text{ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$)	Produção (lote mês^{-1})	Rendas (\$ $\text{mês}^{-1}\text{lote}^{-1}$)	Custo (\$ $\text{mês}^{-1}\text{lote}^{-1}$)	Retorno económico (\$ $\text{mês}^{-1}\text{lote}^{-1}$)	Retorno económico (\$ $\text{ha}^{-1}\text{mês}^{-1}$)	Retorno económico (\$ $\text{ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$)	Prod. econômica da água no mês seco (\$ m^{-3})	Prod. econômica da água no ano (\$ m^{-3})
Produção de pastagem (leite)				litros							
P1: < 1	0,99	1.961,16	13.819,76	650,89	253,03	136,92	116,12	117,29	1.407,49	0,06	0,10
P2: >1 < 3	2,00	1.071,43	7.568,73	1.578,43	623,82	401,05	222,78	111,58	1.338,91	0,10	0,18
P3: >3 < 5	4,07	692,89	4.905,12	2.919,14	1.177,39	762,30	415,09	101,93	1.223,17	0,15	0,25
P4: > 5	8,83	702,46	4.963,45	6.702,76	2.692,27	1.601,20	1.091,08	123,59	1.483,06	0,18	0,30
Média	3,97	1.106,99	7.814,27	2.962,80	1.186,63	725,37	461,26	113,60	1.363,16	0,12	0,21
Produção de flores				talo planta ⁻¹							
F1: < 0,5	0,20	1.173,02	12.668,56	0,80	2.791,99	1.380,63	1.411,36	7.184,24	86.210,91	6,12	6,81
F2: > 0,5 < 2	0,94	1.177,90	12.721,32	0,78	17.179,98	9.079,91	8.100,07	8.617,10	103.405,15	7,32	8,13
F3: > 2 < 5	3,60	1.160,00	12.528,00	0,90	81.900,00	41.909,39	39.990,61	11.108,50	133.302,03	9,58	10,64
Média	1,58	1.170,31	12.639,29	0,83	33.957,32	17.456,64	16.500,68	8.969,95	107.639,36	7,67	8,52
Agricultura diversificada familiar				kg m^{-2}							
ADF <= 0,2		680,00	4.760,00	2,00	71,55	51,79	19,76	197,60	2.371,20	0,29	0,50

Apesar que os indicadores técnicos e econômicos demonstrem que a tecnificação da irrigação implica mudanças à cultivos que produzem todo o ano e gerem maior rentabilidade, a decisão de mudar não depende apenas do indivíduo, mas também da comunidade. 30% dos sistemas estudados não permitem o cultivo de flores em seus territórios, argumentando que este sistema consome grandes volumes de água, poluem a água, o solo, o ar e a saúde dos trabalhadores, conforme Breilh (2007). Entretanto, em outras comunidades não existe nenhum problema em autorizar a implementação de novos cultivos que melhoram o rendimento econômico do comunheiro e isso também traz benefícios para a comunidade, manifesta Farinango (2016)¹¹. As florícolas devem ser parte da comunidade, onde não causem contaminação e utilizem a mão de obra local, ou seja, que contribuam na manutenção da identidade sociocultural da comunidade. Este pensamento dos habitantes das comunidades demonstra a influência do discurso do desenvolvimento econômico.

As decisões comunitárias sobre as individuais convertem-se em decisões políticas e não sempre fundamentadas em critérios técnicos ou econômicos. No entanto, as organizações estão mudando e adaptando-se à novas realidades, assumindo de forma comunitária o desafio de gerenciar e manejar os sistemas de irrigação, mantendo sua identidade num contexto global, onde a geração e o manejo da informação são chaves para fortalecer a visão da gestão comunitária da água.

4.3.1.3. Agricultura irrigada e população rural

O abandono dos setores rurais é comum em territórios que não contam com os elementos naturais solo e água para manter uma agricultura sustentável. Os sistemas de irrigação e sua tecnificação provocam maior capacidade de manter as populações rurais, especialmente os jovens (TARJUELO et al., 2015), que em dependência dos sistemas de produção agropecuária ocupam menor ou maior mão de obra local, economicamente ativa.

A população da bacia se incrementa, mas existe uma diferença nos anos de 1990 e 2000, época na qual cresceram as áreas de cultivo de flores (Figura 20), que demanda maior quantidade de mão de obra que a bacia não pode abastecer, existindo uma imigração de pessoas que vêm de outras partes do país e se ficam nos centros povoados da bacia, dando-se um intercâmbio cultural que muda a identidade das comunidades. No setor rural não existe abandono do campo, os sistemas de produção predominantes mantêm em equilíbrio da demanda e da oferta de mão de

¹¹ Informação fornecida por Farinango Manuel dirigente da comunidade Santo Domingo 1 na entrevista feita em Cayambe, 2016

obra. Porém, em comunidades que existe um desequilíbrio, vendem sua força de trabalho às empresas florícolas que se encontram na parte baixa da bacia, onde 80% dos dirigentes dos sistemas de irrigação comunitários manifestaram que ao menos um membro da família trabalha nas empresas florícolas.

Figura 20. População rural e urbana da bacia na época de crescimento da produção de flores

Segundo a FAO (2014), a agricultura familiar representa aproximadamente 90% das UPAs que produzem alimentos. Com esses critérios, os produtores de leite dos territórios comunitários são conceituados como parte da agricultura familiar (REQUELME et al., 2017), no qual os membros da família colaboram com os diferentes trabalhos do cultivo do pastagem, do cuidado e do manejo do gado, e ocorre o mesmo com a produção de agricultura diversificada familiar, cujos sistemas permitem manter às famílias em atividade, em um lugar de encontro entre crianças, jovens, adultos e idosos.

As UPAs produtoras de leite do extrato P1 (Tabela 8) ocupam a mão de obra familiar com aproximadamente um trabalhador por dia (0,73), cobrindo 23% do custo de vida da família que, segundo o Instituto Nacional de Estatística e Censos para dezembro do 2016, fechou em 506,89 US\$, para uma família média de 5 membros. A relação do número de trabalhadores por metro cúbico de água utilizada é 0,011, sendo o extrato aquele no qual ao menos um membro da família tem que vender sua força de trabalho. As UPAs dos extratos P3 e P4 ocupam mão de obra familiar e contratam mão de obra local para completar os trabalhos próprios da atividade, cujos extratos cobrem 82% e 100% os custos da vida familiar, respectivamente.

As unidades de produção de flores do extrato F1 e F2 ocupam mão de obra familiar. O membro ou os membros da família que trabalham na unidade produtiva não mantêm um salário fixo, entretanto no extrato F3 não é considerado mão de obra familiar já que os proprietários são assalariados. Em geral, por hectare de produção de flores, ocupa-se uma média de 8,26

trabalhadores $\text{ha}^{-1} \text{dia}^{-1}$, a diferença das grandes empresas agroexportadoras que possuem 20 trabalhadores $\text{ha}^{-1} \text{dia}^{-1}$ ultrapassam os 10 ha (GUERRA, 2012). Todos os extratos de produção de flores cobrem os custos da vida familiar e a relação de trabalhadores por metro cúbico de água utilizada é maior no extrato F3, com 0,259, devido ao nível tecnológico do manejo do cultivo e do sistema de irrigação, conforme Robalino (2016)¹². com a automatização do sistema de irrigação se evita de contratar uma pessoa.

Na produção de agricultura diversificada familiar, por causa do tamanho da terra, o aporte para cobrir o custo da vida familiar e de, aproximadamente, 15%, e tem uma relação de 0,022 trabalhadores por metro cúbico de água utilizada, onde a mão de obra concentra-se, principalmente, nas mulheres, mas do mesmo modo os membros da família colaboram em todos os trabalhos que involucram neste tipo de produção, estimou-se a ocupação de meio trabalhador por dia.

Tabela 8. Indicadores socioeconômicos por sistema de produção

Sistemas de produção	Área média (ha)	Mão de obra (trabalhador dia ⁻¹)			Mão de obra (trabalhador dia ⁻¹ ha ⁻¹)	Aporte a custo da vida familiar (%)	Numero (trabalhador m ³)
		Total	Familiar	Assalariada			
Produção de pastagem (leite)							
P1: < 1	0,99	0,73	0,73	0,00	0,73	23%	0,011
P2: >1 < 3	2,00	1,25	1,00	0,25	0,63	44%	0,017
P3: >3 < 5	4,07	2,01	1,26	0,75	0,49	82%	0,021
P4: > 5	8,83	3,00	1,75	1,25	0,34	100%	0,014
Média					0,55	62%	0,02
Produção de flores							
F1: < 0,5	0,20	1,50	1,00	0,50	7,64	100%	0,195
F2: >0,5 <2	0,94	7,00	1,00	6,00	7,45	100%	0,190
F3: > 2<5	3,60	36,00	0,00	36,00	10,00	100%	0,259
Média					8,36	100%	0,21
Agricultura diversificada familiar							
ADF	0,20	0,50	0,50		2,50	15%	0,022

Os projetos de tecnificação da irrigação a fim de procurar a justificação econômica, também têm que considerar as contribuições que mantem a população rural e evita a sua migração às grandes cidades. Em territórios comunitários com processos de minifúndios, uma alternativa de produção é a ADF, como fonte que gera emprego e mantém os meios naturais e o ambiente de trabalho sem riscos, diferente do que se apresentam nas produções intensivas como é o caso do cultivo de flores. Porém, não é possível comparar as tarefas de fumigação dentro das estufas de flores com as tarefas de fertilização orgânica que é realizada na agricultura diversificada familiar.

¹² Informação fornecida por Robalino Jamie produtor de 3 ha de flores na entrevista feita em Tabacundo, 2016

4.3.2. Agricultura irrigada e as dinâmicas socioculturais

As mudanças socioculturais nos territórios dos povos indígenas são inevitáveis e geram-se, entre outras razões, pelo contato direto com outras culturas (caso de trabalhadores imigrantes das florícolas), pelo fluxo de informação, pelas políticas de desenvolvimento implementadas pelo Estado, pela influência do mercado e pela mobilidade humana (MARTÍNEZ, 2016). Todos estes elementos são dinamizados por um modelo neoliberal, focado no crescimento econômico dos povos com uma forte visão eurocêntrica (BOELEN, 2015). Entretanto, manter um povo com identidade pode-se interpretar em dois sentidos: um povo que evolui socialmente no contexto global, com suas características de identidade como manter sua língua, a vestimenta, a convivência comunitária, a alimentação, as tradições e as formas de transação, ou um povo que quer conservar sua identidade ancestral inalterável.

Manter identidades comunitárias em contextos globais, é um desafio que as organizações de alguma maneira já estão assumindo, com a influência do discurso do Bom Viver e da sustentabilidade. No entanto, neste percurso apresentam-se diferenças na medida de assumir os elementos de identidade entre os usuários dos sistemas comunitários de irrigação, provocadas basicamente pela influência do tipo de produção agropecuária (Tabela 9).

Tabela 9. Prática de ações para manter a identidade comunitária na agricultura irrigada

Elementos de identidade	Ações que mantêm a identidade na comunidade	Nível de prática de ações		
		Leite	Flores	Agricultura diversificada familiar
Idioma	Prática da língua com a família	meio	baixo	alto
Vestimenta	Mantem a vestimenta mulher	alto	baixo	alto
	Mantem a vestimenta home	nada	nada	nada
Convivência	Participam o proprietário nas mingas	alto	meio	alto
	Participam nas assembleias	alto	alto	alto
	Cumpram cargos que são delegados pela comunidade	alto	meio	alto
	Colabora economicamente no manejo do sistema de irrigação e da produção	alto	meio	muito alto
	Nos labores do cultivo existe colaboração na mão de obra	meio	baixo	alto
Alimentação	Consume produtos ancestrais	baixo	nada	alto
	Produce ao menos o 50% de sua dieta alimentícia	baixo	nada	alto
	Compra os produtos da zona que consume	meio	alto	meio
Tradições	Realizam rituais nas fontes da água	nada	nada	nada
	Realizam práticas ancestrais de manejo da produção e da irrigação	meio	nada	muito alto
Comércio	Participam em alguma organização de produção	meio	nada	alto
	Participam em alguma organização de comercialização	alto	baixo	muito alto
	Participam em alguma organização de economia popular e solidária	meio	nada	alto
	Participam em um sistema de intercâmbio da produção	nada	nada	meio

A língua, no transcurso do tempo, vai mudando (Figura 20), apesar que não é possível fazer uma correlação direta da influência dos sistemas de produção na perda da língua, e sua prática é feita maiormente na ADF. A visão agroecológica reconhece práticas ancestrais de produção e comportamentos da relação humano-natureza (ALTIERI, 1999), a mesma que é transmitida há gerações por meio da oralidade. A interação com os novos povoadores, trabalhadores das grandes empresas agroexportadoras de flores provenientes da região amazônica e da costa equatoriana, somados aos imigrantes do sul de Colômbia, norte de Peru e nos últimos 3 anos da Venezuela, provocam mudanças culturais nos territórios comunitários.

A convivência comunitária reflete-se na participação nas mingas, nas assembleias, na colaboração econômica e no cumprimento dos cargos encomendados pela comunidade, cujas ações põem em prática os princípios do Bom Viver como a equidade, a reciprocidade e a solidariedade (HOUTART, 2011). Nos sistemas de produção de leite e ADF mantêm-se um alto nível de participação, enquanto que no sistema de produção de flores os donos das empresas, em muitas ocasiões, não participam diretamente, e enviam delegados onde, geralmente, um trabalhador, no sistema capitalista, individualiza ao ser humano provocando sentimentos de superioridade ante os outros membros da comunidade.

A minga é praticada em atividades de construção e manutenção dos sistemas de irrigação, sendo, também, um espaço de intercomunicação e diálogo entre os participantes, de maneira que muitas vezes os conflitos são resolvidos nestes espaços (ROZENTAL, 2009). A colaboração econômica (tarifas pelo serviço de irrigação) realiza-se em todos os sistemas de produção para o mantimento dos componentes da irrigação. Práticas que não necessariamente são reconhecidas com dinheiro, ou seja, a “presta-a a mão” é uma representação de uma minga a nível da UPA, isto é, familiares e/ou vizinhos acompanham a um determinado trabalho do processo produtivo do cultivo, na etapa que se requer mais mão de obra, como a semeadura e a colheita, cuja prática é feita em 80% dos sistemas de ADF, 50% na produção de leite e 15% na produção de flores realizada especialmente nas UPF menores que 0,5 ha.

Além disso, 30% dos sistemas de irrigação estudados, onde as mingas e as contribuições econômicas realizam-se igualmente por todos os usuários da água, sem diferenciar o tamanho da unidade produtiva ou o sistema de produção, onde trabalham e contribuem economicamente de forma igualitária tanto a um proprietário que tem 0,5 ha quanto aquele que tem 10 ha; 70% das organizações estabelecem trabalhos e tarifas diferenciadas, segundo os sistemas de produção economicamente mais rentável e o tamanho da unidade produtiva equivale a uma prática de equidade, isto é, feito na acequia Tabacundo.

Na alimentação, nos sistemas de produção de leite e de flores, implementam monoculturas provocando a perda dos cultivos de produtos para o consumo familiar, alterando, assim, a sua dieta alimentícia, consumindo produtos que são expandidos nos supermercados locais. A ADF manejada pelas mulheres conserva e resgata a dieta tradicional deste território, por terem uma diversidade de produção agrícola e pecuária.

Nas tradições, as práticas de saberes ancestrais para o manejo da produção agropecuária, baseados nos ciclos lunares e a produção orgânica, realiza-se especialmente na ADF, práticas que mantêm um equilíbrio natural e social (BERROS, 2014), ou seja, existe uma harmonia humano-natureza que resgatam conhecimentos dos povos indígenas e são articulados com os avanços da ciência e geram tecnologias conforme a contextos territoriais da comunidade (CASTELLANOS, 2012). Nos sistemas de produção de leite e flores não são postas em prática estes saberes.

No comércio, os produtores de leite e ADF manifestaram que pertencem a uma organização, seja de produção e/ou comercialização, como os centros de recolhimento de leite e grupo agroecológico de mulheres respectivamente. Estas organizações formam-se com o propósito de apoiar-se na produção, concessão de créditos entre os integrantes e em especial para manter uma comercialização associativa. 90% dos produtores de flores entrevistados manifestaram que não pertencem a alguma organização. Houve a tentativa de fazer uma organização de pequenos produtores para exportar, de forma conjunta, a flor, para que não estivesse em dependência dos intermediários, mas a ideia fracassou, porque foi difícil homogeneizar a qualidade da produção e pelo fato de existir muito egoísmo entre os produtores para manejar as mesmas técnicas de produção, e pelos sócios serem de diferentes comunidades, conforme Ulcuango (2016)¹³. Mesmo que exista uma tradição para organizar o crescimento econômico e a competitividade por um mercado mais forte, diminuindo as possibilidades de estruturar organizações sólidas, existem políticas do Ministérios de agricultura para incentivar a associatividade. Entretanto, na comunidade de Santo Domingo 1, no ano 2015, formou-se a organização de produtores de flores chamada Flores Belas de Cayambe, onde se agrupam 26 produtores e apresenta como propósito incrementar a capacidade de negociação na compra de insumos e aparelhos para a produção e obter qualidade homogênea para exportar sua produção diretamente em forma associativa. Compartilhar um mesmo território facilita os processos organizativos, porque mantém a convivência comunitária, tendo interesses comuns tanto no acesso dos elementos naturais como na produção e comercialização de seus produtos.

¹³ Informação fornecida por Ulcuango Miguel produtor de 8,000 m² de flores da comunidade Granobles na entrevista feita em Tabacundo, 2016

Os produtores de leite e da ADF dispõem de sistemas de crédito para facilitar, de forma oportuna, o capital de trabalho ou de investimento, com pouca burocracia e sem fins de lucro individual, evidenciando, desta maneira, o manejo da economia social solidária, elemento chave para colocar em prática o Bom Viver (LÓPEZ-CÓRDOVA, 2016), mesmo que se tenha o reconhecimento do Estado, fazendo parte da sua política pública.

As produtoras de ADF, como parte de sua proposta para manter a segurança alimentar, participam nos espaços comunitários e locais para poder comercializar a produção excedente e gerar rendas econômicas para suas famílias. Uma prática comum ao finalizar a jornada de venda da produção, é trocar entre elas os produtos que não foram vendidos, ação conhecida como “trueque”, prática que também é feita nos sítios das UPAs. Desta maneira, se evitam as transações monetárias que sempre tem um custo, acrescentam os alimentos sem a necessidade de dinheiro, e pode-se considerar como parte da segurança alimentar (POMBOZA et al., 2017), sendo uma prática do Bom Viver que deve ser resgatada e potencializada em outros sistemas de produção.

4.3.3. Agricultura irrigada e as dinâmicas sócio-naturais

O desenvolvimento da agricultura, nos perímetros irrigados andinos, baseia-se nos fundamentos da revolução verde, implementados por políticas dos governos de turno desde os anos setenta (MCKAY; NEHRING; WALSH-DILLEY, 2014). Estas políticas fomentam práticas como a monocultura, o uso de pesticidas e de fertilizantes químicos, provocando alterações no entorno natural das fontes de água, no manejo do cultivo, no manejo do solo e da água. ONGs, instituições do Estado e organizações comunitárias, como marco do mandato constitucional de 2008, impulsionaram o discurso do Bom Viver, o mesmo que promove as práticas que contribuem para o cumprimento do princípio da manutenção da harmonia e do equilíbrio com o meio natural (HUANACUNI, 2010). Neste contexto, as organizações estudadas com seus diferentes sistemas de produção, implementam práticas que influenciam na dinâmica sócio natural do território.

A diminuição das vazões e o incremento da agricultura irrigada induziu às organizações a realizarem ações de conservação das fontes da água. Em média, 85% das organizações implementam atividades de controle da fronteira agrícola, diminuição de carga animal e da queima do ecossistema alto andinos (páramos), espaço fundamental para a recarga de água (DOORNBOS, 2015). Uma agricultura mais eficiente no uso dos elementos solo e água, nas

zonas com aptidão agrícola, evita a degradação dos ecossistemas alto andinos (BUYTAERT et al., 2006).

A agricultura irrigada intensiva, como a produção de pastagem e das flores, são monoculturas que rompem os agroecossistemas dos territórios, provocando o incremento de consumo de água por efeitos das altas temperaturas, características das zonas alto-andinas e em particular na latitude 0° e pela intensidade dos raios ultravioletas maiores, e os fortes ventos, por influência da cordilheira dos Andes, provocam o incremento da evapotranspiração. As estufas para a produção intensiva também provocam uma contaminação paisagística (CABALLERO PEDRAZA; ROMERO DÍAZ; ESPINOSA SOTO, 2015), porque rompe a harmonia do entorno natural com 3.201,73 ha de construção de estufas com coberturas de plástico. Os plásticos têm uma durabilidade de 2 anos se o vento não o destrói antecipadamente. 90% dos produtores manifestaram que, uma vez em desuso, não fazem nenhum processo de reciclagem ou tratamento, e são lançados em aterros sanitários ou são queimados.

A agricultura diversificada familiar é o único sistema que mantém práticas que conservam ou melhoram os ecossistemas, com a implementação de barreiras vivas com arbustos ou árvores, com a diversificação de espécies agrícolas e com a reciclagem do material orgânico produzido na unidade produtiva.

Obter o máximo de rendimento nos sistemas de produção de leite e flores é prioritário para os produtores. Portanto, eles têm a necessidade de implementar um manejo sanitário e de fertilização com produtos não orgânicos, pondo em risco os ecossistemas e a saúde humana (MEKONNEN; HOEKSTRA, 2015). Na produção de leite, o maior perigo encontra-se na fertilização da pastagem, onde 90% dos produtores estudados incorporam uma média de 647,72 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de fertilizantes com altos conteúdos de nitrogênio e potássio, cuja atividade é feita de forma empírica baseadas nas recomendações das comercializadoras de insumo agrícolas, razão pela qual excedem nos requerimentos do cultivo que está em 350 kg ha⁻¹ ano⁻¹ (ALCOSER, 2016). Além de perder dinheiro, põe-se em risco a qualidade dos solos e dos corpos de água pelos processos de lixiviação do nitrogênio e pela formação de nitratos (ANDRIULO et al., 2003). Na produção de flores, utiliza-se pesticidas para o controle de pragas e doenças próprias do cultivo, e o seu uso excessivo e a falta de práticas de manejo dos mesmos apresenta problemas para a saúde dos trabalhadores e a contaminação dos corpos de água, com a possível presença de moléculas de organoclorados e organofosforados (BREILH, 2007; SCHÜTZ, 2014).

Em cada região existem problemas específicos de contaminação da água pelas ações antropogênicas, aos quais se devem atender e estabelecer indicadores para avaliar a qualidade da água da bacia. Não existe um indicador universal, sendo que o mais utilizado a nível mundial é o

índice desenvolvido por “The National Sanitation Foundation” (NSF), sendo adequado à cada realidade, como é o caso dos países andinos (SAMBONI; CARVAJAL; ESCOBAR, 2007). Assim, os parâmetros mais utilizados são o pH, a condutividade elétrica, a relação de absorção de sódio (RAS), a demanda química de oxigênio (DQO), a demanda biológica de oxigênio (DBO5), os sólidos totais suspensos, a presença de nitratos, os fosfatos, os coliformes totais e os coliformes fecais.

A água provém dos escoamentos dos páramos e do derretimento do nevado Cayambe, visto que foram estabelecidos pontos de amostragem para avaliar a qualidade da água nos afluentes da bacia na parte alta, média e baixa, considerando a influência dos sistemas de produção de leite, de flores, e os centros povoados das comunidades e cabeceiras cantonais de Cayambe e Tabacundo (Figura 21).

Figura 21. Pontos de monitoramento da qualidade da água e zonas de influência dos sistemas de produção e centros povoados
 Fonte e elaboração: LASIG-UPS 2016

Os resultados dos parâmetros avaliados apresentam-se por zonas da bacia (Tabela 10). Na parte alta da bacia, os níveis de coliformes totais encontram-se abaixo dos níveis de permissibilidade estabelecidos no Texto Unificado de Legislação Secundária Ambiental (TULSMA) de 1.000 NMP 100ml⁻¹. Entretanto, isto muda significativamente na parte média e baixa da bacia, cujos níveis de coliformes totais superam o valor estabelecido. A contaminação

microbiana deve-se principalmente aos efluentes dos sistemas de esgoto que vão diretamente aos rios sem nenhum processo de tratamento.

Com respeito à presença de coliformes fecais, o regulamento não estabelece níveis de permissibilidade para água destinada a fins agrícolas, mas se define uma faixa de permissibilidade, para a água destinada a fins pecuários. Neste sentido, a parte média e baixa da bacia, a água apresenta uma carga de coliformes fecais que superam os níveis de permissibilidade definida no regulamento ambiental ($< 1.000 \text{ NMP } 100 \text{ ml}^{-1}$), o que significa que a água, neste segmento da bacia, não deveria ser destinada a atividades pecuárias sem receber previamente um tratamento.

O pH da água, sobre os diferentes segmentos da bacia, encontra-se abaixo dos níveis de permissibilidade. No entanto, o incremento do potencial hidrogeniônico, em sua maior parte, deve-se à presença os cátions Ca, Mg, K, Na, descarregados pelos diversas efluentes da bacia. O anterior é corroborado pelo incremento da condutividade elétrica, que se seu valor se incrementa segundo se baixa no trecho da bacia, na parte alta apresenta uma condutividade de $0,164 \text{ mS cm}^{-1}$ e na parte baixa $0,287 \text{ mS cm}^{-1}$.

A concentração de nitratos sobre a bacia encontra-se abaixo dos níveis de permissibilidade para água destinada a fins pecuários e consumo humano. Sua presença deve-se, possivelmente, ao aparecimento do subproduto do processo metabólico das plantas (decomposição natural de proteínas), pelas descargas orgânicas de águas residuais e pela lixiviação do nitrogênio utilizado nos fertilizantes; porém, na parte baixa da bacia, esta apresenta uma concentração maior.

A relação de absorção de sódio (RAS) não supera os níveis de permissibilidade definida para água de irrigação e a sua concentração é baixa devido à descarga do sistema de esgoto que não supera o volume médio horário do sistema definido no TULSMA, que assinala que o nível máximo de descarga ao sistema de esgoto é 1,5 vez o volume médio horário do sistema.

Ao analisar os parâmetros de DQO e DBO₅, sua concentração encontra-se abaixo dos níveis de permissibilidade definidos no TULSMA; a qual indica que as concentrações devem ser inferiores a 500 e 250 mg L^{-1} , respectivamente, e as pendentes e os volumes de recarga da bacia recuperam os níveis exigidos pelo regulamento.

A concentração de fósforo total nos diferentes trechos da bacia encontra-se abaixo dos níveis de permissibilidade estabelecidos no regulamento, que define um valor inferior a 10 mg L^{-1} de fósforo total. É preciso indicar que não existe restrição deste parâmetro em água destinada a fins agrícolas e pecuários. A restrição de fósforo total em água corresponde a água de esgoto antes de ser vertida aos fluxos naturais. No entanto, a concentração do fósforo total ao longo da bacia encontra-se abaixo dos níveis de permissibilidade. No entanto, existe uma alta concentração

de fósforo na parte média da bacia que possivelmente pode ser explicada devido ao fato que no rio Tupigachi (ponto M4) existe uma forte influência das florícolas. Entretanto, na parte baixa a concentração deste elemento volta a diminuir devido a presença de outros afluentes da bacia, que contribuem com vazões da água que provocam a diluição da concentração fósforo.

Tabela 10. Indicadores de qualidade da água na bacia

Pontos de amostragem	E. coli (UFC 100ml ⁻¹)	Coliformes totais (UFC 100ml ⁻¹)	pH	RAS (meq l ⁻¹)	Condutividade de eléctrica (mS cm ⁻¹)	Nitratos NO3 (mg l ⁻¹)	Fosfatos PO4 (mg l ⁻¹)	Sólidos suspensos totais (mg l ⁻¹)	DBO5 (mg l ⁻¹)	DQO (mg l ⁻¹)
Bacia alta										
A1 Río La Chimba	sd	1.056,667	7,330	0,299	0,043	0,327	0,873	0,037	0,010	1,670
A2 Río Blanco	36,667	100,000	7,707	0,281	0,321	0,057	0,140	0,027	0,010	0,010
A3 Río Chitachaca	26,667	110,000	7,840	0,325	0,092	0,057	0,010	0,013	0,010	0,010
A4 Río Monjas	73,333	123,333	7,880	0,355	0,198	0,250	0,010	0,023	0,010	0,010
Média bacia alta	45,56	347,50	7,689	0,315	0,164	0,173	0,258	0,025	0,010	0,425
Bacia media										
M1 Río Cariacu	50,000	296,667	7,687	0,401	0,139	0,157	0,540	0,047	0,007	0,010
M2 Río Blanco	4.833,333	10.300,000	8,013	0,311	0,361	1,177	0,273	0,163	1,440	1,007
M3 Río San José	5.330,000	8.900,000	7,743	0,398	0,165	0,533	0,510	0,070	1,073	0,010
M4 Río Tupigachi	1.183,333	8.566,667	7,853	0,453	0,290	1,103	5,470	0,060	0,010	0,505
Média bacia média	2.849,17	7.015,83	7,824	0,391	0,239	0,743	1,698	0,085	0,633	0,383
Bacia baixa										
B1 Río Granobles	6.793,333	5.000,000	8,137	0,382	0,276	1,657	0,460	0,037	0,010	0,010
B2 Río Guachalá	38.533,333	61.400,000	7,750	0,377	0,164	0,467	0,010	0,015	0,010	0,010
B3 Río Pisque	21.800,000	10.100,000	8,060	0,381	0,315	1,560	0,010	0,017	0,010	0,010
B4 Río Pisque	11.790,000	26.366,667	8,383	0,421	0,395	0,970	0,010	0,013	0,010	0,010
Média bacia baixa	19.729,167	25.716,667	8,083	0,390	0,287	1,163	0,123	0,020	0,010	0,010

Em geral, as variações das concentrações dos diferentes parâmetros estão relacionadas com a contaminação provocada pela agricultura. Apesar disso, a bacia vai se contaminando, conforme baixam os fluxos de seus afluentes, sendo necessário considerar que os sistemas de tratamentos de águas residuais de uso doméstico instalados nos centros povoados não estão cumprindo a sua função. A concentração elevada de nitratos, coliformes e fosfatos limitam o consumo humano da água e da biodiversidade (SAMBONI; CARVAJAL; ESCOBAR, 2007).

4.4. Modelo para a gestão e manejo sustentável dos sistemas de irrigação comunitários

A elaboração de um modelo para a gestão e manejo que sirva para chegar à sustentabilidade dos sistemas de irrigação comunitários, envolve uma constante aprendizagem do comportamento das comunidades e sua relação com a natureza. O modelo deve permitir a identificação dos elementos físicos, sociais, ambientais e econômicos que afetam a sustentabilidade da irrigação. A participação dos envolvidos, usuários, organizações comunitárias e as instituições públicas na estruturação do modelo é fundamental para que este reflita a

realidade. Assim, na metodologia de dinâmica de sistemas baseada no pensamento sistêmico, a retroalimentação e a dinâmica não linear (STERMAN, 2000) permite analisar o comportamento dos fenômenos no tempo, podendo ser feita de forma individual, ou inter-relacionando os diferentes elementos que compõem o sistema. Portanto, gera-se uma visão dinâmica e não estática dos sistemas em estudo (FORRESTER, 1961). Porém, incorporar ao modelo subsistemas biofísicos e socioeconômicos que podem ser analisados ao mesmo tempo provoca uma constante retroalimentação entre estes (SUŠNIK et al., 2012).

A análise da gestão dos recursos hídricos, e em particular a gestão e manejo de sistemas de irrigação, deve ser realizada por uma equipe multidisciplinar, com a participação de profissionais com experiência em diferentes temáticas como hidrologia, hidráulica, agronomia, sociologia, economia, etc., assim como usuários da irrigação, líderes e as pessoas que se encontram nas instâncias gerenciais de política pública. Poucas vezes realiza-se a estruturação dos modelos com a participação de todos os envolvidos, possivelmente pelo tempo que implica, os custos, pela diversidade de pensamento e realidades individuais dos agricultores (CARMONA; VARELA-ORTEGA; BROMLEY, 2013), apesar de isso é necessário para poder obter informação do passado e presente, base fundamental para observar o comportamento do sistema e simular situações futuras (STERMAN, 2000). Na estruturação do modelo com um enfoque participativo se identificam 11 etapas, desde a identificação do grupo de trabalho até a entrega de resultados aos interessados (VOINOV et al., 2016). A participação dos envolvidos, dever ser auto reflexiva com um ambiente onde a comunicação não seja excludente, mantendo uma linguagem conforme às realidades do grupo com o que se trabalha bem como evitando barreiras que impeça uma participação ativa (CARMONA; VARELA-ORTEGA; BROMLEY, 2013).

A geração de informação e a construção do modelo para a gestão e manejo de sistemas de irrigação comunitárias foi realizado de forma participativa, com observações de campo em 13 sistemas de irrigação comunitários, utilizando a metodologia da etnografia (acompanhamento às atividades que o gestor da irrigação realiza), entrevistas a 13 líderes, a servidores públicos e usuários da irrigação, e posterior realização de mesas de diálogo com líderes e usuários onde se estrutura o problema e se identifica as possíveis causas. Com estes insumos realiza-se um rascunho da estrutura do modelo e diagrama causal, o qual é apresentado em três mesas de diálogo, recebendo retroalimentação por cada setor produtivo. Logo o modelo é consultado com especialistas e finalmente realiza-se uma mesa de diálogo com os que retroalimentam a conceitualização do modelo.

Modelos que estudem os sistemas de irrigação comunitários e sua sustentabilidade, incorporam à análise as relações entre a hidrologia, a população, economia, meio ambiente,

sensibilidade socioeconômica e resposta coletiva como elementos chaves (MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ; SELMA; CALVO-SENDÍN, 2000). A ótima gestão e manejo da água na agricultura é afetada por fatores econômicos, sociais, científicos e institucionais (SAMIAN et al., 2014). Para visualizar as variáveis envolvidas em sistemas complexos, é recomendável dividi-lo em subsistemas ou submodelos (FERNALD et al., 2012), mesmo que ao sistema sustentável de um canal de irrigação tenha se estabelecido quatro subsistemas: hidrologia, ecossistema, uso econômico da terra e sociocultural. A integração das variáveis técnicas do manejo da irrigação, com as socioculturais e hidrológicas, é necessária, porque nestes sistemas acoplados a intervenção numa variável afeta a outra, e entre as variáveis sociais nos sistemas de irrigação comunitários se evidencia a capacidade que tem a organização para gerir e manejar a irrigação, que incorpora ao sistema como o mutualismo comunitário (TURNER et al., 2016).

No modelo para a gestão e manejo sustentável dos sistemas de irrigação comunitários, incorpora-se os conceitos de manejo eficiente da água, resiliência dos agricultores e das organizações. Portanto, seguindo os passos requeridos para estruturar um modelo com a metodologia de dinâmica de sistemas, define-se o problema, estabelece-se a hipótese dinâmica, desenha-se a estrutura conceitual do modelo e analisa-se o diagrama causal, sendo estes, elementos para que em futuros trabalhos sejam complementares aos diagramas de fluxo, validação do modelo e realização de simulações.

4.4.1. Definição do problema

A principal fonte da água dos sistemas de irrigação comunitários pelo é oriunda do derretimento da neve do nevado Cayambe, o qual perdeu cerca de 30% de suas geleiras devido ao aumento da temperatura na cordilheira dos Andes (URRUTIA; VUILLE, 2009). Aliado a isso, com a redução das chuvas entre 10 e 30% nos Andes (MINVIELLE; GARREAUD, 2011), os volumes de água disponíveis para a agricultura também tem diminuído. Esta realidade é percebida pelos agricultores, visto que os mesmo têm buscado estratégias para sobrepor estes problemas como, a implementação de sistemas de irrigação (HERRADOR-VALENCIA; PAREDES, 2016), a qual se caracteriza como um elemento de resiliência dos agricultores e das organizações.

O crescimento populacional urbano e rural provoca alterações nos comportamentos dos ciclos sócio naturais. Em territórios rurais produzem-se dois efeitos: i) existe maior demanda da água para consumo humano e, ii) a redução das áreas das UPAs por efeito da herança das terras de pais a filhos. No setor urbano, do mesmo modo produzem-se duas situações problemáticas: o incremento da água para consumo humano e o incremento da demanda de espaços habitacionais,

os quais reduzem as áreas com vocação agrícola. A divisão da terra provoca, o abandono da atividade agropecuária como principal fonte de renda, especialmente na população jovem, mais também, mudam as produções tradicionais pelas mais rentáveis e eficientes no uso da água. Além de isso as produções intensivas como o caso da produção de flores consomem maior quantidade da água anualmente, provocando rivalidade com os outros membros da organização (produtores de leite e ADF).

A eficiência técnica do uso da água na agricultura comunitária, não depende unicamente das condições climáticas ou do nível de tecnificação dos sistemas de irrigação, mais também depende do conhecimento individual e comunitário da operação, programação e administração destes sistemas.

4.4.2. Hipóteses dinâmica

A hipótese dinâmica, propicia uma explicação da dinâmica de surgimento do problema do sistema, nos termos de sua estrutura, e permite uma aclaração e retroalimentação endógena de suas causas (BALA; ARSHAD; NOH, 2017). A hipótese dinâmica integra os conhecimentos relevantes e dados do fenômeno no mundo real, de modo que, pode-se comprovar e validar o modelo, porém, a hipóteses dinâmica vincula o modelo com o mundo real (STERMAN, 2000). Nesse contexto, para determinar quais são as causas principais do problema, se propõe a seguinte pergunta: Quais são fatores que ameaçam a sustentabilidade dos sistemas de irrigação comunitários e como a nível individual e organizacional poderiam ser manejados da melhor maneira?

Considerando que em um sistema de irrigação comunitária existem relações entre os componentes naturais, comunitários e a infraestrutura, a análise descreverá as principais relações causais que surgem nos territórios comunitários, focando nas variáveis endógenas, no qual, sua modificação poderá melhorar a disponibilidade da água para a agricultura. Especial atenção tem sido dada na análise das organizações que incorporam os conceitos da eficiência do uso da água, como uma pratica da resiliência. A hipótese pode ser considerada da seguinte maneira: a resiliência individual e das organizações que gerenciam e manejam a irrigação comunitária, influencia na disponibilidade da água para a agricultura. A forma de representar a hipótese é mediante a realização do diagrama da estrutura do modelo e do diagrama causal do sistema.

4.4.3. Estrutura do modelo

A sustentabilidade dos sistemas de irrigação comunitários, com o enfoque da gestão comunitária da água no marco do Bom Viver, terá particularidades locais, em concordância com as dinâmicas das unidades territoriais, podendo o modelo ser aplicado na bacia hidrográfica (como no presente trabalho) ou só um sistema de irrigação, tendo como variação o alcance territorial. Na análise dos sistemas de irrigação comunitários andinos, pode ser evidenciada a relação entre comunidade e natureza, porém, o modelo para a gestão e manejo sustentável de sistemas de irrigação comunitários é dividido em três subsistemas (Figura 22): natureza, comunidade e uso do solo (produção agropecuária), e subsistemas análogos (FERNALD et al., 2012).

Em cada subsistema proposto se identificam variáveis endógenas, que podem ser manejadas em função dos resultados esperados que a modelo possa emitir (SCHAFFERNICHT, 2008). As variáveis exógenas também são identificadas, e embora saiam do controle do sistema, devem ser consideradas.

No subsistema natureza reflete, primeiro sobre as entradas da água ao sistema de irrigação, que dependerá de fatores exógenos como temperatura, precipitação, vento e radiação. Em segundo lugar, analisa-se as ações antropogênicas no ecossistema de páramos, as quais têm influência na disponibilidade da água, e podem ser avaliadas como variáveis endógenas. A água fornecida ou disponível para a irrigação é entregue às organizações comunitárias, que a depender do manejo de irrigação numa determinada área agrícola, pode ser considerada como uma variável endógena do subsistema.

No subsistema comunidade, incorporar-se ao modelo a análise do manejo eficiente da água disponível ou fornecida à organização comunitária. O manejo eficiente, que as organizações devem realizar ao ter acesso, controle, distribuição e à aplicação da água, leva em conta os requerimentos hídricos da planta. Neste contexto, a resiliência da organização e de seus membros são consideradas como variáveis endógenas do sistema. Considera-se neste subsistema, como variável exógena, o crescimento populacional que demanda da água para consumo e terra para moradia.

O subsistema uso do solo ou produção econômica do território irrigado, é considerado como base econômica das comunidades rurais. Assim, a implementação da agricultura familiar diversificada abastece as famílias e mercado local com produtos alimentícios, a produção de leite é direcionada ao mercado local e nacional, e a produção de flores para o mercado global. Portanto, consideram-se como variáveis endógenas o tipo de produção agropecuária, que por sua vez determinará a demanda da água pela agricultura no território. Dependendo do tipo de cultivo

e a área são gerados benefícios sociais, ambientais e econômicos, e nessa perspectiva, este subsistema não pode ser visualizado só como um subsistema econômico. Entre as variáveis exógenas consideradas estão os preços dos produtos e insumos agropecuários, crescimento populacional e o clima.

Figura 22. Estrutura conceitual do modelo para a gestão e manejo de sistemas de irrigação comunitários

4.4.4. Diagrama causal do sistema

Os diagramas causais são ferramentas que ajudam a comunicar a hipótese dinâmica e representam qualitativamente as relações entre os diferentes subsistemas e variáveis que se apresentam na estrutura do modelo conceitual dinâmico (STERMAN, 2000). A conexão entre as variáveis é realizada por setas que denotam a influência causal da variável independente à dependente. Nestas setas são colocadas polaridades positivas (+) ou negativas (-), que denota a direção da mudança que impõe uma variável do modelo a outra, considerando o resto das variáveis como constantes (Figura 23). A relação positiva (+) indica que, se a variável A aumenta ou diminui sua influência em B, também faz que esta aumente ou diminua, assim, a maior oferta da água se incrementa o estoque da água (Figura 23). Uma relação negativa (-) indica que, se a variável A diminui ou aumentem seu efeito na variável B, faz que esta aumente ou diminua respectivamente, a maior demanda da água se diminui o estoque da água. Nos diagramas causais o mais importante é observar os vínculos de causalidade que são circulares, os quais são denominados ciclos de retroalimentação (feedback loop) que podem ser simples, quando existem poucas variáveis envolvidas ou complexas quando existem muitas variáveis (SCHAFFERNICHT,

2008). Os ciclos de retroalimentação que ocorrem entre variáveis do sistema podem ser positivos denominados de reforço ou negativos de equilíbrio. Os ciclos de retroalimentação positivos, aceleram a mudança dentro dos sistemas, podendo resultar em um rápido crescimento ou descimento, como um padrão de crescimento exponencial, enquanto, os ciclos de retroalimentação negativos atuam como elementos estabilizadores do sistema, visto que são direcionados a um determinado objetivo. (STERMAN, 2000; BALA; ARSHAD; NOH, 2017).

Figura 23. Diagrama de ciclo causal da hipótese dinâmica que mostra a retroalimentação endógena e as variáveis que contribuem a gestão e manejo eficiente dos sistemas de irrigação comunitários

Em sistemas complexos é comum que se apresentem muitas variáveis e ciclos de retroalimentação. Desta forma, torna-se difícil a rápida visualização de suas inter-relações, sendo uma estratégia dividir ao sistema, em subsistemas e representar por setores e componentes (SCHAFFERNICHT, 2008). Para descrever o modelo de gestão e manejo de sistemas de irrigação comunitários, se subdivide em três submodelos ou subsistemas: natureza, que se identifica com cor azul, comunidade, indicada com a cor laranja e uso do solo ou produtividade econômica de cor verde, também, cada um destes subsistemas se encontram entrelaçados e formam ciclos de retroalimentação positivos e negativos (Figura 23).

Entre os principais ciclos de retroalimentação que se apresentam no subsistema natureza, estão a relação entre oferta, estoque e demanda da água. Ao incrementar a oferta se incrementa o estoque, que por sua vez incrementa a capacidade de atender a demanda da água. Porém, ao se incrementar a demanda verifica-se uma redução no estoque e finalmente a oferta. No subsistema uso do solo apresenta-se o ciclo de retroalimentação negativo entre a área irrigada,

a produção agropecuária irrigada e o crescimento populacional, no qual ao incrementar-se a população requer-se maior produção. Entretanto, diminui-se a área agrícola pela necessidade de espaços para moradia. No subsistema comunidade apresenta um ciclo de retroalimentação positivo, onde a maior resiliência da organização incrementa a tecnificação da irrigação, que por sua vez reduz as perdas da água, levando o incremento da eficiência da água fornecida aos sistemas de irrigação comunitários.

A seguir, descreve-se cada um dos subsistemas com a estruturação dos diagramas causais, sendo expostas variáveis que não se apresentadas no diagrama geral. Também se descreve o propósito, alcance, funcionalidade e sua relação com os outros subsistemas.

4.4.4.1. Subsistema natureza

4.4.4.1.1. Propósito, alcance, conectividade e variáveis chaves

Considerando que, o enfoque da gestão comunitária da água promove as ações humanas devem estar em completa harmonia com a natureza, pretende-se no subsistema natureza, analisar a sustentabilidade dos sistemas de irrigação, sendo o componente hidrológico do sistema um espaço com entradas e saídas da água do território em estudo.

A análise hidrológica do sistema de irrigação a nível da bacia hidrográfica é feita tendo como referência o modelo WorldWater proposto por Simonovic (2002), no qual a acumulação da água (estoque) ocorre pela diferença entre as saídas e entradas deste elemento. Tendo em conta a ordem de prelação (prioridade) na distribuição da água, considera-se a entrada da água ao sistema de irrigação uma vez que seja determinado o índice de escassez ou de sustentabilidade ambiental da bacia, sendo, a relação entre o estoque e a oferta da água (XU et al., 2002; SÁNCHEZ-ROMÁN; FOLEGATTI; ORELLANA-GONZÁLEZ, 2009). Como saídas de água considera-se a demanda doméstica, volume ecológico, demanda para agroindústria (laticínios) e a demanda de água pela agricultura. Na zona da bacia não existe nenhum tipo de indústria.

A água para os sistemas de irrigação comunitários é captada nas partes altas dos territórios, porém, o modelo ao ser analisado a nível da bacia também considera a água subterrânea, que abastece principalmente aos sistemas da água potável e as empresas exportadoras de flores, localizadas na parte média e baixa da bacia. Como variável endógena no subsistema se considera a capacidade de retenção da água que ocorre nos páramos, ecossistemas que se encontram manejados pelas organizações comunitárias e suas ações influenciam diretamente na maior ou menor retenção da água. Também se considera como entrada da água no sistema a água proveniente das águas residuais domésticas geradas nos centros povoados, que

com prévio tratamento pode ser utilizada nos sistemas de irrigação da parte média e baixa da bacia.

4.4.4.1.2. Função e causalidade

As variáveis endógenas, onde as ações das organizações podem fazer que o subsistema tenha alterações, se apresentam nos ciclos de retroalimentação compreendidos entre o manejo dos páramos, cobertura vegetal, compactação do solo e capacidade de retenção da água (Figura 24). A planta herbácea nativa predominante neste ecossistema conhecida como “paja” (*Estipa ichu*), tem a função de capturar a água proveniente da nebulosidade andina e reter da água das chuvas (DOORNBOS, 2015). Uma prática comum das comunidades foi a queima destes ecossistemas páramos, porque os rebrotes desta planta possam ser digeridos com maior facilidade pelo gado que as comunidades mantêm nestes espaços. Por programas de capacitação implementados pelo Estado e OGNs, o regulamento ambiental que sanciona que a queima dos páramos é considerada um crime, podendo os executores receberem ordem de prisão. Além do mais o entendimento das comunidades de que um páramo degradado reduz os volumes da água, tem impulsionado a implementação de sistemas de controle, permitindo que a queima seja reduzida. Embora a queima do páramo seja pequena, ainda a criação de gado em pastoreio ainda é mantida, mesmo que, a depender da lotação de animais por hectare provoque uma redução na cobertura vegetal e na compactação do solo, provocando o incremento do escoamento da água chuva, redução da capacidade de retenção da água e a disponibilidade desta nos meses mais secos, visto que os páramos atuam como uma esponja que captura e retém a água (SERRANO; GALÁRRAGA, 2015).

No artigo 86 da lei de recursos hídricos do Equador (2014) se estabelece a ordem de prelação da água, sendo prioritário o consumo humano, irrigação para produção de alimentos, volumes ecológicos e outros usos produtivos. Neste subsistema, o ciclo de retroalimentação se apresenta entre o estoque da água, índice de sustentabilidade ambiental (IS), com o fornecimento da água para irrigação e a área de produção. Se o IS é alto, o fornecimento da água para irrigação será maior, e consequentemente será maior área irrigada. Porém com esse aumento no consumo, pode haver redução o fornecimento da água, afetando o estoque. Portanto, as organizações devem realizar um planejamento do uso eficiente da água.

Entre as variáveis exógenas conceituadas no submodelo pode ser citada a demanda doméstica da água, que difere entre o consumo urbano e o rural. Produz-se uma relação de

causalidade entre o incremento da população rural e urbana influenciada pela taxa de natalidade, pelo processo imigratório e pelo emprego gerado pela floricultura.

Figura 24. Diagrama do ciclo causal do subsistema natureza que mostra a retroalimentação entre a oferta, demanda e estoque da água

Levando em conta que a análise está focada na sustentabilidade dos sistemas de irrigação e não existem indústrias que produzam águas pretas, e segundo os dados observados no item 3.3.3, não existe perigo de contaminação da água para uso agrícola, não se considera esta variável no subsistema.

4.4.4.2. Subsistema uso e produção da terra

4.4.4.2.1. Propósito, alcance, conectividade e variáveis chaves

A análise deste subsistema, realiza-se em dois ciclos de retroalimentação e de conectividade: o uso agrícola da água e os benefícios que produz a agricultura irrigada. Os requerimentos hídricos estão em dependência do tipo de cultivo a ser implementado, as condições climáticas e o tipo de solo, o qual é variável conforme as faixas de altitude da bacia. Em muitos estudos, em especial os focados em determinar a sustentabilidade de uma bacia hidrográfica, na dimensão econômica considera-se produção agropecuária como produtividade

econômica da água (TEHRANI; MONEM; BAGHERI, 2011; GIES; AGUSDINATA; MERWADE, 2014; LIU; MA; TIAN, 2015) e não se faz uma análise de quais são os efeitos sociais. Outras pesquisas concentram-se em estudar o consumo da água de acordo com os cultivos implementados, os quais são influenciados pelo efeito das variáveis climáticas, do solo e da fenologia da planta (LI; SIMONOVIC, 2002; HASSANZADEH et al., 2014; KOTIR et al., 2016). Os trabalhos que integram as variáveis sociais, econômicas e ambientais dão enfoque ao desenvolvimento sustentável de uma unidade territorial como a bacia hidrográfica (HJORTH; BAGHERI, 2006; KARAMI et al., 2017).

Os sistemas de irrigação comunitários têm impulsionado o desenvolvimento da produção agrícola, como a principal atividade econômica do território, sendo a otimização do uso dos elementos água e solo um dos propósitos das organizações comunitárias. Portanto, as decisões do sistema produtivo a ser implementado em territórios comunitários não dependem unicamente do indivíduo, mas, se encontram sujeitos às decisões comunitárias. Neste contexto, neste subsistema identificam-se os laços causais que são gerados entre o sistema de produção agropecuária e os requerimentos hídricos, que a depender da eficiência técnica da irrigação conta-se com mais ou menos água disponível para a agricultura.

O sistema de produção, também influencia nos benefícios econômicos, ambientais e sociais que gera a agricultura irrigada, porém, se considera como variáveis endógenas a área de produção e sistema de produção. Neste subsistema existe interação de variáveis exógenas sobre as endógenas como os preços do produto, custos de produção e o clima.

4.4.4.2.1. Função e causalidade do subsistema

A produção agropecuária nos sistemas de irrigação comunitários, tem dependência com a disponibilidade da água para irrigação e com a área agrícola como variáveis endógenas, mas também com os custos de produção e com os preços do mercado (variáveis exógenas) (Figura 25). A diferença entre estas variáveis gera benefícios para os territórios comunitários, e estes benefícios não podem ser analisados apenas a partir da maximização das rendas econômicas, mas também a partir dos benefícios sociais e, em alguns casos, dos danos ambientais. Nesse contexto, a produção agropecuária gera rentabilidade econômica e é uma fonte de emprego, o que permite gerar maior resiliência individual e comunitária, uma vez que se evita a migração do setor rural aos grandes centros povoados. Outra causalidade produzida no subsistema é a geração de rentabilidade econômica, que permite cobrir os custos da vida das famílias das comunidades.

depende do tipo de infraestrutura na captação, condução, armazenamento, distribuição e aplicação da água na unidade produtiva. No entanto, na realidade dos sistemas de irrigação comunitários observou-se que as ações humanas individuais ou comunitárias são fundamentais para a eficiência técnica do uso da água na agricultura.

A organização comunitária procura o uso eficiente da água, e por isso, implementam procedimentos de manejo dos componentes hidráulicos na condução e a distribuição da água, evitando assim os desperdícios e abusos na aplicação por parte dos usuários, logrando ter uma distribuição equitativa da água. A aplicação da água na UPA, depende diretamente das capacidades individuais do usuário, centralizado no conhecimento de, quando, como e quanto irrigar.

Com a participação dos usuários e líderes das organizações comunitárias, foram identificados os fatores que intervêm no manejo eficiente da irrigação a nível comunitário e individual, isto é, fatores e variáveis que permitiram identificar as ações de resiliência da organização e do usuário no diagrama causal deste subsistema. Para isto, foi estruturada uma guia de entrevista com 48 questões, relacionadas com as dimensões da sustentabilidade: social, conhecimento-tecnologia, institucional e economia. Seguindo a metodologia proposta por Samian (2014) com a utilização do software estatístico SPSS, realizou-se o teste de Alfa Cronbach para determinar a confiabilidade do questionário, a qual foi de 90%, que é considerada aceitável para este tipo de análise. A análise fatorial de Kaiser – Meyer – Olkin (KMO), e o teste Bartlett foram realizados, para posteriormente serem extraídas as variáveis que não superam o coeficiente de fator de 0,6 feito por meio do método de rotação de Varimax. Quatro fatores influenciam com 54,14% no manejo eficiente da irrigação (Tabela 11).

Tabela 11. Número de fatores extraídos com valores de porcentagem de variância individual e acumulada

N.	Fator	Suma de rotação de cargas quadradas		
		Total	% de Variância	% Acumulado
1	Conhecimento-tecnologia	4.634	19.306	19.306
2	Social - Participação	3.987	16.612	35.918
3	Institucional	2.248	9.365	45.284
4	Econômico	2.127	8.863	54.147

O fator tecnologia-conhecimento, apresenta uma variância maior 19,30% e apresentou oito variáveis, sendo a mais importante o tempo de irrigação que os agricultores realizam em suas unidades produtivas com uma carga de 0,77 (Tabela 12). O fator social, expressado principalmente como a participação nas atividades propostas pela organização, encontra-se em

segundo lugar com 16,61% de variância e apresenta cinco variáveis, sendo, o trabalho comunitário o que mais influência com 0,78. O terceiro fator é o institucional, ou seja, a capacidade da organização para cumprir e fazer cumprir os regulamentos na operação, manutenção, programação e administração dos recursos econômicos, tem uma variância de 9,36% e apresenta 5 variáveis, sendo a de maior carga o tipo de infraestrutura para conduzir e distribuir o água. O quarto fator é o econômico, concebido como os recursos que dispõe a organização e o usuário para implementar os sistemas de irrigação, tendo uma variância de 8,86% e envolve quatro variáveis das quais o acesso a financiamento para infraestrutura de irrigação apresenta um maior fator de carga 0,79.

Tabela 12. Variáveis por fator que influenciam na gestão e manejo eficiente da água na agricultura e o fator de carga

N.	Nome do Fator	Variáveis	Loading fator
1	Conhecimento-tecnologia	Tempo de irrigação por jornada	0.77
		Método de irrigação utilizado (aspersão, gotejo)	0.71
		Tipo de sistemas de produção agropecuária	0.64
		Infraestrutura na distribuição da água desde a rede principal do sistema	0.58
		Existência de reservatórios comunitários	0.58
		Tipo de cultura a semear	0.56
2	Social - Participação	Trabalho comunitário	0.78
		Socialização da informação de manejo do sistema de irrigação por parte dos líderes	0.75
		Participação na tomada de decisões na organização	0.70
		Participação ativa dos usuários nas atividades programadas pela organização	0.58
		Participação em cursos de capacitação	0.57
3	Institucional	Tipo de redes de distribuição (canal aberto ou tubulação)	0.75
		Tipo de condução principal da água	0.60
		Respeito dos turnos de assinatura da água	0.58
		Tipo de organização na gestão da irrigação (comunitário, juntas)	0.55
		Renovação dos líderes da organização	0.54
4	Econômico	Acesso a financiamento para equipe de irrigação	0.79
		Ter funcionários capacitados pela operação do sistema	0.66
		Financiamento desde os usuários para manutenção do sistema	0.62
		Recursos econômicos para operação e manutenção do sistema	0.61

Em geral, pode ser destacado que a resiliência da organização e individual no manejo eficiente da irrigação é afetada pelo nível de participação dos usuários nas atividades programadas pela organização, o conhecimento-tecnologia de parte dos líderes das organizações e dos usuários, pela estrutura organizacional da organização (atividades de união), pela capacidade da organização na gestão de recursos financeiros para a construção da infraestrutura de irrigação e pela capacidade financeira dos usuários para melhorar o método de irrigação em sua UPA.

4.4.4.3.1. Propósito, alcance, conectividade e variáveis chaves

O propósito do modelo para o gestão e manejo de sistemas de irrigação comunitários, é identificar os pontos principais que permitam chegar a sua sustentabilidade, sendo os usuários da irrigação e suas organizações os atores principais. Uma vez fornecida uma determinada vazão da água às organizações, a distribuição equitativa deste recurso aos usuários fica em completa responsabilidade destas. Nesse sentido, são poucos os trabalhos realizados utilizando a dinâmica de sistemas, que analisam como a organização comunitária e seus integrantes configuram estratégias de uso eficiente da água na agricultura, entre os mais relevantes encontra-se os trabalhos de Fenald (2012) e Turner (2016) que estabelecem um subsistema denominado sociocultural focado a estudar o mutualismo da comunidade e a permanência da população rural em seus territórios em dependência do emprego gerado pela atividade agrícola.

O diagrama causal do subsistema comunidade, identifica como as ações individuais e comunitárias, têm sido capazes de gerar propostas locais que implicam o uso eficiente da água, os quais dependem da infraestrutura instalada nos diferentes componentes do sistema e do equipamento na UPA conforme o método de irrigação utilizado, e da capacidade da organização no manejo dos componentes do sistema de irrigação: captação, condução e distribuição e a nível individual no manejo do método de irrigação que aplica a água na UPA.

Em sistemas de irrigação comunitários, organizações com resiliência procuram estratégias que permitam enfrentar novos cenários legais, naturais, econômicos e culturais, sendo uma destas a tecnificação da irrigação com o propósito de melhorar o uso da água e solo (variáveis endógenas). Na organização comunitária, a resiliência está determinada pela: participação dos usuários nas atividades da organização; integração de seus membros; capacidade de negociação para ter acesso a recursos financeiros; capacidade de planejamento do sistema de produção a implementar em seu território e a constante aprendizagem comunitário. O processo resiliente da organização comunitária gera-se a partir da integração dos conhecimentos culturais, as capacidades sociais e as estratégias organizativas (LÓPEZ; AGUIRRE, 2017).

Nos territórios comunitários, apesar de prevalecer o bem comum sobre o individual, se observam agricultores que têm iniciativas individuais e implementam sistemas de produção agropecuários que geram maiores benefícios econômicos, dos quais uma parte se reinveste na melhoria da irrigação. Isto ocorre, porque em territórios com escassez da água existe maior reflexão da realidade, abertura a novas experiências, atenção e esmero em suas ações (MALEKSAEIDI et al., 2016). Portanto, frente a cenários de risco os usuários da água geram conhecimento, sendo um elemento da resiliência individual, e considerada variável endógena do subsistema. Este conhecimento individual é transmitido à família e à comunidade, encaminhando

assim a ter resiliência na organização, com capacidade de adaptação e transformação no tempo. Em outras palavras, uma comunidade conjuntamente com seus membros aprende a enfrentar sua adaptação e formas de transformação em contextos locais (MAGIS, 2010).

A participação do Estado no uso eficiente da irrigação é importante porque são os principais financiadores da construção da infraestrutura física da irrigação. Assim procuram cumprir com as políticas de desenvolvimento rural, embora nem sempre a intervenção seja oportuna no tempo e na concepção do projeto, que impõe como parte de sua justificativa a renda. Esta participação no sistema considera-se como uma variável exógena e provoca retardamento no ciclo de retroalimentação.

4.4.4.3.2. Função e causalidade

Este subsistema tem como função analisar os laços causais que ocorrem entre a resiliência dos agricultores e sua incidência na resiliência da organização, as quais adquirem capacidades de adaptabilidade expressada nos processos de tecnificação da irrigação (Figura 26). Com maior tecnificação evitam-se perdas da água, incrementando-se assim o volume da água disponível para a irrigação. Porém se estende a área de produção agropecuária, que a depender do cultivo implementado, produzirá maiores ou menores benefícios econômicos. Com a disponibilidade de recursos econômicos os agricultores têm maiores oportunidades de ter acesso a outros tipos de serviços e direitos como educação, conhecimento e tecnologia, elementos fundamentais que contribuem à resiliência individual.

No segmento 3.2 analisou-se que apesar de os sistemas de irrigação comunitários terem apresentado um processo de melhoria de sua infraestrutura e com o uso da gravidade como fonte de energia para pressurizar a água, existe uma baixa eficiência técnica, provocada principalmente pelo desconhecimento dos usuários, do operador da irrigação e dos líderes sobre a relação consumo solo-água-planta, sendo entregues os turnos da água sem considerar os requerimentos da planta. Neste contexto, produz-se relações causais entre a resiliência do agricultor que depende das rendas que gera a produção, sendo, o tamanho da UPA um fator preponderante. Os usuários que têm UPAs com menos de 1 ha devem buscar alternativas de produção rentáveis como o cultivo de flores, a fim de gerar emprego, permitindo manter aos agricultores em seu território como membros ativos da organização, elemento fundamental para a resiliência comunitária.

Figura 26. Diagrama de ciclo causal do subsistema comunidade que mostra a retroalimentação entre as variáveis, disponibilidade de água para irrigação, eficiência técnica da irrigação, tecnificação e resiliência individual e da organização

Este subsistema mantém uma interação com os subsistemas natureza, na relação com o manejo dos páramos e a resiliência da organização, enquanto que a resiliência individual tem relação de causalidade com o tipo de produção a implementar e benefícios econômicos do subsistema uso do solo.

5. CONCLUSÕES

A metodologia de dinâmica de sistemas baseada no pensamento sistêmico permitiu fazer uma análise holístico e multidisciplinar das interações sociais, culturais, económicas e ambientais que se apresentam nos sistemas de irrigação comunitários. Assim, os usuários da irrigação agrupados em organizações comunitárias a partir de ter o acesso e controle da água, em coordenação com as instituições do Estado e da sociedade civil, estabelecem ações de gestão e manejo da irrigação de acordo com suas realidades, socioculturais, socioeconômicas e socioambientais, permitindo que estas sejam capazes de adaptasse e transformasse no tempo. Por enquanto, as organizações têm a visão que a irrigação não é apenas um conjunto de componentes físicos, porém é um sistema baseado em três elementos: natureza, comunidade e infraestrutura, existindo uma conectividade entre estes, onde são considerados os direitos das pessoas e da natureza, fundamentos do Bom Viver e do enfoque da gestão comunitária da água que ainda está em processo de construção.

A gestão da irrigação é um conjunto de ações que realiza a organização mediante seus representantes, para negociar projetos de tecnificação, manter a legalidade e participar na discussão das políticas públicas. Entretanto, o manejo envolve as ações feitas ao interno da organização e são direcionadas a administração de recursos econômicos, operação, manutenção, programação e avaliação do sistema de irrigação. Assim, nos processos de gestão, as organizações com o apoio de ONGs e do Estado logram implementar projetos de tecnificação da irrigação e se pressuriza a água, permitindo o uso de métodos de irrigação por aspersão e gotejamento. Ainda assim, os sistemas de irrigação comunitários têm uma baixa eficiência, devido a, que nestes projetos de tecnificação no foram consideradas as capacitações para o manejo do sistema, mantendo assim o desconhecimento dos usuários, operadores e líderes da programação da irrigação (quando, que quantidade e como irrigar), sendo a causa principal da baixa eficiência técnica nos sistemas de irrigação comunitários, indicador que sempre estava, mais com outras denominações (uso racional da água) e deve ser parte do enfoque da gestão e manejo comunitário dos sistemas de irrigação.

As organizações comunitárias foram-se adaptando e transformando desde que assumem a gestão e manejo da irrigação, características da resiliência de uma organização, sendo a participação ativa de seus membros, o conhecimento-tecnologia, os benefícios econômicos e o resguardo do entorno natural, elementos que darão maior ou menor resiliência individualmente e na organização. Assim, nos territórios comunitários as decisões adotadas privilegiam o bem-estar comunitário. No entanto a irrigação transforma a agricultura, convertendo-se no eixo do

desenvolvimento sustentável das comunidades. Apesar do sistema capitalista e modelo neoliberal arraigados nos territórios comunitários onde se privilegia aos sistemas de produção agrícola que geram mais rentabilidade económica, são mantidas práticas como a: equidade, solidariedade, responsabilidade e união, princípios da sustentabilidade e do Bom Viver.

O enfoque da gestão comunitária da água, promove a participação dos envolvidos no acesso, controle e uso da água. Porém, a participação, dos usuários, líderes das organizações e técnicos, permitiu fazer a estrutura e conceitualização do modelo, no qual foram estabelecidos três subsistemas, natureza, uso do solo e comunidade, onde a relação de causalidade forma ciclos de retroalimentação (feedback loop) que permitem identificar variáveis endógenas que o acionar das organizações e seus membros podem modificar o comportamento do sistema, e as variáveis exógenas que podem ser manejadas para reduzir seu impacto. Com o intuito de gerar estratégias e políticas em benefício da sustentabilidade dos sistemas de irrigação comunitários, mediante a validação e simulação do modelo, o qual fortalecerá a concepção da gestão e manejo comunitário dos sistemas de irrigação.

REFERÊNCIAS

- ACOSTA, A. El Buen Vivir como alternativa al desarrollo. Algunas reflexiones económicas y no tan económicas. **Política y Sociedad**, v. 52, n. 2, p. 299–312, 2014.
- AGUIRRE, M. Á. **Evaluación, mejora y ampliación del sistema de riego por aspersión Miraflores de la Parroquia Juan Montalvo, cantón Cayambe**. 2012. 173 f. Proyecto de grado (Ingeniero Civil)- Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2012.
- ALCOSER, L. **Evaluación de la eficiencia agronómica de nitrógeno en rye grass perenne (Lolium perenne) var. one 50**. 2016. 75 f. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo) - Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central de Ecuador, 2016.
- ALIGICA, P.; TARKO, V. Institutional resilience and economic systems: lessons from Elinor Ostrom's Work. **Comparative Economic Studies**, v. 56, n. 1, p. 52–76, 2014.
- ALTIERI, M. A. **Agroecología bases científicas para una agricultura sustentable**. Montevideo: Nordan–Comunidad, 1999.
- ALTMANN, P. Una breve historia de las organizaciones sociales del movimiento indígena del Ecuador. **Antropología Cuadernos de Investigación**, v. 12, 2017.
- ANASTASOPOULOS, N. Buen Vivir, sostenibilidad y bienes comunes: el contexto ecuatoriano y mundial. **Revista de Políticas y Problemas Públicos**, v. 4, p. 39–55, 2016.
- ANDRIULO, A.; SASAL, C.; AMÉNDOLA, C.; RIMATORI, F. Impacto de un sistema intensivo de producción de carne vacuna sobre algunas propiedades del suelo y del agua. **RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias**, v. 32, n. 3, p. 27–55, 2003.
- ARACIL, J. **Dinámica de sistemas**. 1 ra ed. Madrid: Gráfica Marte. S.A., 1995.
- ARÉVALO-H, J. J.; VÉLEZ, J. E.; CAMACHO-TAMAYO, J. H. Uso eficiente del agua para el cultivo de rosa cv . Freedom bajo invernadero. **Revista Brasileira de Ingenieria Agricola y Ambiental**, v. 214, n. 1, p. 811–817, 2013.
- ARNOLD, R. D.; WADE, J. P. A Definition of Systems Thinking: A Systems Approach. **Procedia Computer Science**, v. 44, p. 669–678, 2015. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877050915002860>>. Acesso em: 9 ago. 2016.

- BALA, B. K.; ARSHAD, F.; NOH, K. **System dynamics modelling and simulation**. Singapore: Department of Management, Arizona State University, 2017.
- BARNEY, G. O.; EBERLEIN, R.; QU, W.; SHARMA, P. D. The threshold 21 sustainable development model. **System Dynamics**, v. 1, p. 23–29, 1995.
- BECKER, M.; TUTILLO, S. **Historia agraria y social de Cayambe**. Quito: Yala, Abya, 2009.
- BEEKMAN, G. Agua y seguridad alimentaria. (CAF, Ed.) In: VII Foro Mundial del Agua Corea, Buenos Aires. **Anais...** Buenos Aires: CAF, 2015.
- BELOTTI, F. Entre bien común y buen vivir. Afinidades a distancia. **Iconos, Revista de Ciencias Sociales**, v. 48, p. 41–54, 2014.
- BERKES, F.; ROSS, H. Community resilience: toward an integrated approach. **Society & Natural Resources**, v. 26, n. 1, p. 5–20, 2013.
- BERROS, M. V. Alimentación, buen vivir y derechos de la naturaleza: una breve mirada desde América Latina. **HAL**, 2014.
- BOELEN, R. Aguas diversas. Derechos de agua y pluralidad legal en las comunidades andinas. **Anuario de Estudios Americanos**, v. 66, p. 23–55, 2009.
- BOELEN, R. Luchas y defensas escondidas . Pluralismo legal y cultural como una práctica de resistencia creativa en la gestión local del agua en los Andes. **Anuario de Estudios Americanos**, v. 68, n. 2, p. 673–703, 2011.
- BOELEN, R. Cultural politics and the hydrosocial cycle: Water, power and identity in the Andean highlands. **Geoforum**, v. 57, p. 234–247, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.geoforum.2013.02.008>>. Acesso em: 3 fev. 2015.
- BOELEN, R. Tradiciones de riego y transiciones políticas en los Andes. **Iberoamericana**, v. 15, n. 58, p. 178–183, 2015.
- BOELEN, R.; HOOGESTEGGER, J.; BAUD, M. Water reform governmentality in Ecuador: neoliberalism, centralization, and the restraining of polycentric authority and community rule-making. **Geoforum**, v. 64, p. 281–291, 2015.
- BOELEN, R.; HOOGESTEGGER, J.; RODRIGUEZ DE FRANCISCO, J. C. Commoditizing water territories: the clash between Andean water rights cultures and payment for environmental services policies. **Capitalism, Nature, Socialism**, v. 25, n. 3, p. 84–102, 2014.

- BOELENS, R.; VOS, J. The danger of naturalizing water policy concepts: water productivity and efficiency discourses from field irrigation to virtual water trade. **Agricultural Water Management**, v. 108, p. 16–26, 2012.
- BOULANGER, P.-M.; BRÉCHET, T. Models for policy-making in sustainable development: the state of the art and perspectives for research. **Ecological Economics**, v. 55, n. 3, p. 337–350, 2005.
- BRASSEL, F.; RUIZ, P.; ZAPATTA, A. La estructura agraria en el Ecuador: una aproximación a su problemática y tendencias. In: **¿Reforma agraria en el Ecuador?: viejos temas, nuevos argumentos**. Quito: SIPAE, 2008. 1p. 17–30.
- BRAVO-URETA, B. E.; JARA-ROJAS, R.; LACHAUD, M.; MOREIRA, V.; SCHEIERLING, S. M. Water and farm efficiency: insights from the frontier literature. **Agricultural and Applied Economics Association**, 2015.
- BREILH, J. Nuevo modelo de acumulación y agroindustria: las implicaciones ecológicas y epidemiológicas de la floricultura en Ecuador. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12, n. 1, p. 91–104, mar. 2007.
- BRUNDTLAND, G. H. Our common future - call for action. **Environmental Conservation**, v. 14, n. 4, p. 291–294, 1987.
- BUYTAERT, W.; CÉLLERI, R.; DE BIÈVRE, B.; CISNEROS, F.; WYSEURE, G.; DECKERS, J.; HOFSTEDE, R. Human impact on the hydrology of the Andean páramos. **Earth-Science Reviews**, v. 79, n. 1–2, p. 53–72, 2006.
- CABALLERO PEDRAZA, A.; ROMERO DÍAZ, A.; ESPINOSA SOTO, I. Cambios paisajísticos y efectos medioambientales debidos a la agricultura intensiva en la Comarca de Campo de Cartagena-Mar Menor (Murcia). **Estudios Geográficos**, v. 76, n. 279, p. 473–498, 2015.
- CACHIPUENDO, C. **La gestión social del agua en las organizaciones de usuarios/as del territorio de la sub cuenca del río Pisque**. 2013. 150 f. Tesis (Maestría en Desarrollo Local con Mención Formulación y Evaluación de Proyectos de Desarrollo Endógeno) Universidad Politécnica Salesiana, 2013.
- CACHIPUENDO, C.; REQUELME, N.; GUALAVISÍ, O.; SANDOVAL, C.; CUASCOTA, J. Uso comunitario del agua y del suelo para la producción sustentable de pasturas. **La Granja**, v. 26, n. 2, p. 142–154, 2017.

- CANQUI, E. El Vivir Bien, una propuesta de los pueblos indígenas a la discusión sobre el desarrollo. **Obets. Revista de Ciencias Sociales**, v. 6, n. 1, p. 19–33, 2011.
- CAPEL, H. Las ciencias sociales y el estudio del territorio. **Biblio 3W Revista bibliográfica de geografía y ciencias sociales**, v. XXI, n. 1149, p. 1–38, 2016.
- CARMONA, G.; VARELA-ORTEGA, C.; BROMLEY, J. Participatory modelling to support decision making in water management under uncertainty: two comparative case studies in the Guadiana river basin, Spain. **Journal of Environmental Management**, v. 128, p. 400–412, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.05.019>>. Acesso em: 23 abr. 2015.
- CARRASCO, M. E. F.; ZAMORA, D. T.; MECINAS, E. H. La justicia ambiental como atributo del ecosocialismo . Exploraciones teóricas y praxis comunitarias en la gestión del agua. **Theomai**, v. 32, n. 32, 2015.
- CASTELLANOS, A. De boca a oído: la oralidad de los pueblos originarios, un saber en decadencia. In: ÁVILA, A. (Ed.). **Patrimonio biocultural, saberes y derechos de los pueblos originarios**. 1ª ed ed. México: Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales, 2012.
- CEA, M.; ALONSO, S. Sistema de ayuda a la decisión para la programación del riego basado en aspectos agronómicos . In: IV Jornadas de Ingeniería del Agua La precipitación y los procesos erosivos, Córdoba, **Anais...**2015.
- CHIRIBOGA, M. **Las ONG ecuatorianas en los procesos de cambio**. 1. ed. Quito: Abya-Yala, 2014.
- CHONTASI, L. El acceso al riego en Tabacundo. **Debate**, v. 14, p. 131–140, 1987.
- CHURUCHUMBI, G. **Usos cotidianos del término sumak kawsay en el territorio Kayambi**. 2014. 108 f. Tesis (Maestria Estudios Latinamericanos, Mencion Relaciones Internacionales)-Área Estudios Sociales y Globales, Universidad Andina Simon Bolivar, Quito, 2014.
- CISNEROS, I. Guanguilqui: el agua para los runas. **Debate**, p. 161–182, 1987.
- CLEMMENS, A. J.; MOLDEN, D. J. Water uses and productivity of irrigation systems. **Irrigation Science**, v. 25, n. 3, p. 247–261, 2007.
- COMMUNAL, T.; FAYSSE, N.; BLEUZE, S.; ACELDO, B. Effects at farm and community level of the adoption of sprinkler irrigation in the Ecuadorian Andes. **Irrigation and Drainage**, v. 65, n. 4, p. 559–567, 2016.

- CORONEL, G. S.; LOZA, E. P.; MENACHO, D.; VARGAS, R.; CONDE, M. Análisis de alternativas técnicas en la construcción del reservorio de agua para el riego por aspersión en el Centro Experimental de Cota Cota-UMSA. **Revista De la Carrera de Ingeniería Agronómica-UMSA**, v. 3, n. 1, p. 78–86, 2017.
- COSTANZA, R.; PATTEN, B. C. Defining and predicting sustainability. **Ecological Economics**, v. 15, n. 3, p. 193–196, 1995.
- DÍAZ-ROSILLO, J.; MAZABEL-DOMÍNGUEZ, D. Gestión social del agua de riego en el ejido San Juan, Urireo, Salvatierra, Guanajuato. **Ra Ximhai**, v. 7, n. 3, p. 371–380, 2011.
- DIRECCIÓN DE GESTIÓN DEL RIEGO. **Diagnóstico de riego y drenaje de la provincia de Pichincha**. Quito: Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Pichincha, 2014.
- DOORNBOS, B. El valor de los bosques andinos en asegurar agua y suelo en un contexto de creciente riesgo climático: ¿(re)conocemos lo imperdible? **Bosques Andinos: Artículo de opinión**, v. 3, p. 1–13, 2015.
- ECUADOR. **Código orgánico de organización territorial, autonomía y descentralización**. Quito, Ecuador, 2010. .
- ECUADOR. **Ley nº 305, 6 de agosto 2014. Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua** Quito, Ecuador Registro oficial, , 2014. .
- ELMAHDI, A.; MALANO, H.; KHAN, S. Using a system dynamics approach to model sustainability indicators for irrigation systems in Australia. **Natural Resource Modeling**, v. 19, n. 4, p. 465–481, 2006.
- ERTSEN, M. W. Structuring properties of irrigation systems: Understanding relations between humans and hydraulics through modeling. **Water History**, v. 2, n. 2, p. 165–183, 2010.
- ESPINAL, S. Aplicación del concepto de participación ciudadana y su impacto en la gestión integral de los recursos hídricos . Caso cuenca del lago Cocibolca. **Nexo**, v. 23, n. 1, p. 27–32, 2010.
- FAO. **Innovation in family farming**. Rome: FAO, 2014. v. 34
- FERNALD, A.; TIDWELL, V.; RIVERA, J.; RODRÍGUEZ, S.; GULDAN, S.; STEELE, C.; OCHOA, C.; HURD, B.; ORTIZ, M.; BOYKIN, K.; CIBILS, A. Modeling sustainability of

water, environment, livelihood, and culture in traditional irrigation communities and their linked watersheds. **Sustainability**, v. 4, n. 11, p. 2998–3022, 2012.

FLORES, J. L. R.; TORRES, J. R.; MORENO, M. T.; RODRÍGUEZ, Y. M. Productividad física y económica del metro cúbico de agua de riego por bombeo en el cultivo de alfalfa forrajera (*Medicago sativa*) en la comarca Lagunera, Mexico de 1990 a 2009. **Revista Chapingo Serie Zonas Áridas**, v. 10, p. 1–10, 2011.

FOLKE, C.; CARPENTER, S.; WALKER, B.; SCHEFFER, M.; CHAPIN, T.; ROCKSTRÖM, J. Resilience thinking: integrating resilience, adaptability and transformability. **Ecology and society**, v. 15, n. 4, p. 20, 6 nov. 2010.

FOLKE, C.; COLDING, J.; BERKES, F. Building resilience and adaptive capacity in social-ecological systems. In: **Navigating Social-ecological systems: Building resilience of complexity and change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. p. 352–387.

FORD, A. **Modeling the environment: an introduction to system dynamics models of environmental systems**. Washington: Press, Island, 1999.

FORRESTER, J. W. Industrial dynamics. 1961.

FORRESTER, J. W. Industrial dynamics - after the first decade. **Management Science**, v. 14, n. 7, p. 398–415, 1968.

GALVÁN, D.; FERMÁN, J. L.; ESPEJEL, I. ¿Sustentabilidad comunitaria indígena? Un modelo integral. **Sociedad y Ambiente.**, v. 11, n. Jul-Oct, p. 4–22, 2016.

GIES, L.; AGUSDINATA, D. B.; MERWADE, V. Drought adaptation policy development and assessment in East Africa using hydrologic and system dynamics modeling. **Natural Hazards**, v. 74, n. 2, p. 789–813, 2014.

GIORDANO, M.; SHAH, T. From IWRM back to integrated water resources management. **International Journal of Water Resources Development**, v. 30, n. 3, p. 364–376, 2014.

GLAVI, P.; LUKMAN, R. Review of sustainability terms and their definitions. **Journal of Cleaner Production**, v. 15, n. 18, p. 1875–1885, 2007.

GOGIÉ, P. Effect of livestock production on the economic efficiency of irrigation systems. **Journal of Agricultural Sciences**, v. 51, n. 2, p. 177–187, 2006.

GOLDSTEIN, B. E. Skunkworks in the embers of the cedar fire: enhancing resilience in the aftermath of disaster. **Human Ecology**, v. 36, n. 1, p. 15–28, 2008.

- GUDYNAS, E. Buen vivir: germinando alternativas al desarrollo. **América Latina en Movimiento**, v. 462, n. Febrero, p. 1–20, 2011.
- GUERRA, M. **Cayambe: entre la agroempresa y la agrobiodiversidad. Trabajo asalariado y conservación de los sistemas productivos**. 2012. 170 f. Tesis (Maestría en Estudios Socioambientales) - FLACSO, Quito, 2012.
- GUNTHER, M. G. Gestión del agua y práctica del Buen Vivir. In: DELGADO, G. (Ed.). **Buena Vida, Buen Vivir: imaginarios alternativos para el bien común de la humanidad**. UNAM, Cent ed. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2014. p. 339–362.
- HASSANZADEH, E.; ELSHORBAGY, A.; WHEATER, H.; GOBER, P. Managing water in complex systems: an integrated water resources model for Saskatchewan, Canada. **Environmental Modelling & Software**, v. 58, p. 12–26, 2014. Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815214000930>>. Acceso en: 8 jun 2016.
- HERRADOR-VALENCIA, D.; PAREDES, M. Cambio climático y agricultura de pequeña escala en los Andes ecuatorianos: un estudio sobre percepciones locales y estrategias de adaptación. **Journal of Latin American Geography**, v. 15, n. 2, p. 101–121, 2016.
- HERRÁN, J. **Microcrédito y desarrollo local: La experiencia de la Casa Campesina Cayambe**. Abya-Ayala ed. Quito: Universidad Politécnica Salesiana, 2014.
- HERRÁN, J.; SASTRE, S.; TORRES-TUKOUMIDIS, Á. Radio mensaje para la gestión del sistema de riego en comunidades rurales indígenas de Ecuador. **Equidad y Desarrollo**, v. 28, n. 2014, p. 43–60, 2017.
- HIDALGO, J. P.; BOELEN, R.; VOS, J. De-colonizing water. Dispossession, water insecurity, and indigenous claims for resources, authority, and territory. **Water History**, v. 9, n. 1, p. 1–19, 2017.
- HJORTH, P.; BAGHERI, A. Navigating towards sustainable development: A system dynamics approach. **Futures**, v. 38, n. 1, p. 74–92, 2006. Disponible en: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0016328705000753>>. Acceso en: 10 set. 2015.

- HOOGESTEGER, J. Trans-forming social capital around water: water user organizations, water rights, and nongovernmental organizations in Cangahua, the Ecuadorian Andes. **Society & Natural Resources**, v. 1920, n. January 2015, p. 1–15, 2012.
- HOUTART, F. El concepto de Sumak Kawsay (buen vivir) y su correspondencia con el bien común de la humanidad. **Revista de filosofía**, p. 1–20, 2011.
- HUANACUNI, F. Buen Vivir / Vivir Bien Filosofía, políticas, estrategias y experiencias regionales andinas. **Coordinadora Andina de Organizaciones Indígenas (CAOI)**, p. 80, 2010.
- HUNECKE, C.; ENGLER, A.; JARA-ROJAS, R.; POORTVLIET, P. M. Understanding the role of social capital in adoption decisions: An application to irrigation technology. **Agricultural Systems**, v. 153, p. 221–231, 2017.
- HURLBERT, M.; MUSSETTA, P. Creating resilient water governance for irrigated producers in Mendoza, Argentina. **Environmental Science and Policy**, v. 58, p. 83–94, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2016.01.004>>. Acesso em: 6 mar. 2017.
- JENSEN, M. E. Beyond irrigation efficiency. **Irrigation Science**, v. 25, n. 3, p. 233–245, 2007.
- KARAMI, S.; KARAMI, E.; BUYS, L.; DROGEMULLER, R. System dynamic simulation: a new method in social impact assessment (SIA). **Environmental Impact Assessment Review**, v. 62, p. 25–34, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.eiar.2016.07.009>>. Acesso em: 6 out. 2017.
- KNAPP, G. Mountain agriculture for global markets: the case of greenhouse floriculture in Ecuador. **Annals of the American Association of Geographers**, v. 107, n. 2, p. 511–519, 2017.
- KONAR, M.; EVANS, T. P.; LEVY, M.; SCOTT, C. A.; TROY, T. J.; VÖRÖSMARTY, C. J.; SIVAPALAN, M. Water resources sustainability in a globalizing world: who uses the water? **Hydrological Processes**, v. 30, n. 18, p. 3330–3336, 2016.
- KOTIR, J. H.; SMITH, C.; BROWN, G.; MARSHALL, N.; JOHNSTONE, R. A system dynamics simulation model for sustainable water resources management and agricultural development in the Volta River Basin, Ghana. **Science of the Total Environment**, v. 573, p. 444–457, 2016.

- KUHLMAN, T.; FARRINGTON, J. What is sustainability? **Sustainability**, v. 2, n. 11, p. 3436–3448, 2010.
- LALALEO, L. **Sistemas de costos de producción y la rentabilidad del sector florícola de la parroquia Aláquez provincia de Cotopaxi**. 2017. 148 f. Proyecto de Investigación (Ingeniería en Contabilidad y Auditoría)-Facultad de Contabilidad y Auditoría, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2017.
- LECINA, S.; ISIDORO, D.; PLAYÁN, E.; ARAGÜÉS, R. Irrigation modernization and water conservation in Spain: the case of Riegos del Alto Aragón. **Agricultural Water Management**, v. 97, n. 10, p. 1663–1675, 2010.
- LEON, M. el Buen-vivir: objetivo y camino para otro modelo. **La Tendencia**, v. 37, n. 3, p. 11, 2008.
- LI, L.; SIMONOVIC, S. P. System dynamics model for predicting floods from snowmelt in north American prairie watersheds. **Hydrological Processes**, v. 16, n. 13, p. 2645–2666, 2002.
- LINSALATA, L. Ni público, ni privado: común. Prácticas y sentidos de la gestión comunitaria del agua en la zona sur de Cochabamba en Bolivia. In: EDICIONES, B. T. (Ed.). **Territorios en disputa. Despojo capitalista, luchas en defensa de los bienes comunes naturales y alternativas emancipatorias para América Latina**. 1ª ed. México D.F.: Bajo Tierra Ediciones, 2014. p. 249–285.
- LINTON, J.; BUDDS, J. The hydrosocial cycle: defining and mobilizing a relational-dialectical approach to water. **Geoforum**, v. 57, p. 170–180, 2014.
- LIU, J.; MA, J.; TIAN, Y. The analysis of agricultural output in Port SD Province based on system dynamics. **International Journal of u-and e-Service, Science and Technology**, v. 8, n. 9, p. 91–102, 2015.
- LÓPEZ-CÓRDOVA, D. Buen vivir y solidaridad económica en Villa del Carbón , México : racionalidades en disputa. **Cooperativismo & Desarrollo**, v. 24, p. 109, 2016.
- LÓPEZ, F.; AGUIRRE, F. Componentes del proceso de resiliencia comunitaria: conocimientos culturales, capacidades sociales y estrategias organizativas. **PSIENCIA. Revista Latinoamericana de Ciencia Psicológica**, v. 9, n. 3, p. 1–13, 2017.

- LOUCKS, D. P. Sustainable water resources management. **Water International**, v. 25, n. 1, p. 3–10, 2000.
- MAGIS, K. Community resilience: An indicator of social sustainability. **Society and Natural Resources**, v. 23, n. 5, p. 401–416, 2010.
- MALEKSAEIDI, H.; KARAMI, E.; ZAMANI, G. H.; REZAEI-MOGHADDAM, K.; HAYATI, D.; MASOUDI, M. Discovering and characterizing farm households' resilience under water scarcity. **Environment, Development and Sustainability**, v. 18, n. 2, p. 499–525, 2016.
- MANOSALVAS, R. Las demandas campesinas frente a las demandas de la ciudad y de la industria: luchas por el agua en el páramo de Cayambe en el Ecuador. **Agua, Justicia y Conflictos**, p. 95–106, 2012.
- MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, J.; SELMA, M. A. E.; CALVO-SENDÍN, J. F. Environmental and socio-economical interactions in traditional irrigated lands: a dynamic system model. **Human Ecology**, v. 28, n. 2, p. 279–299, 2000.
- MARTINEZ, J. Una herramienta para la sustentabilidad de sistemas socioambientales tradicionales de ambientes áridos: el modelo COMONDU. **Fundacion Fernandez Cultura Nueva**, n. JANUARY, 2014.
- MARTÍNEZ, L. Territorios campesinos y reforma agraria: el caso de las cooperativas indígenas de la sierra ecuatoriana. **Mundo Agrario**, v. 17, n. 35, p. 19, 2016. Disponível em: <<http://www.mundoagrario.unlp.edu.ar/article/view/MAe019>>. Acesso em: 4 abr 2017.
- MAZABEL, D.; MIRANDA, G.; GONZÁLEZ-FUENTE, Í. Identidad y gestión comunitaria del territorio en un ejido de Guanajuato, México. **Revista de Antropología Experimental**, n. 16, p. 63–78, 2016.
- MCKAY, B.; NEHRING, R.; WALSH-DILLEY, M. The “ state ” of food sovereignty in Latin America: political projects and alternative pathways in. **The Journal of Peasant Studies**, v. 41, n. 6, p. 1175–1200, 2014.
- MCMANUS, S.; SEVILLE, E.; VARGO, J.; BRUNSDON, D. Facilitated process for improving organizational resilience. **Natural Hazards Review**, v. 9, n. May, p. 81–90, 2008.
- MCMICHAEL, a J.; BUTLER, C. D.; FOLKE, C. New visions for addressing sustainability. **Science**, v. 302, n. 5652, p. 1919–1920, 2003.

- MEBRATU, D. Sustainability and sustainable development: historical and conceptual review. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 18, n. 6, p. 493–520, 1998.
- MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. Global gray water footprint and water pollution levels related to anthropogenic nitrogen loads to fresh water. **Environmental Science and Technology**, v. 49, n. 21, p. 12860–12868, 2015.
- MENA-VÁSCONEZ, P.; BOELEN, R.; VOS, J. Food or flowers? Contested transformations of community food security and water use priorities under new legal and market regimes in Ecuador's highlands. **Journal of Rural Studies**, v. 44, p. 227–238, 2016.
- MICHELSSEN, G.; ADOMSEN, M.; MARTENS, P. Sustainable development – background and context. In: HEINRICHS, H. (Ed.). **Sustainability Science**. New York: Institute of Sustainability Governance (INSUGO), 2016. p. 5–29.
- MINA, V. **Propuesta de estrategias de financiamiento para el crecimiento y expansión de la empresa florícola Florany S.A.** 2015. Trabajo de Titulación (Ingeniería en Finanzas e Auditoría)-Carrera de Ingeniería en Finanzas y Auditoría, Universidad de las Fuerzas Armadas, Sangolquí, 2015.
- MINVIELLE, M.; GARREAUD, R. D. Projecting rainfall changes over the South American Altiplano. **Journal of Climate**, v. 24, n. 17, p. 4577–4583, 2011.
- MOLDEN, D. Accounting for water use and productivity. **System-Wide Initiative for Water Management**, n. February 2014, p. 26, 1997.
- MONTERO, S.; SANTANA, E.; MARTÍNEZ, L.; GARCÍA, S.; LLAMAS, J. Collaborative governance for sustainable water resources management: the experience of the inter-municipal initiative for the integrated management of the Ayuquila river basin, Mexico. **Environment and Urbanization**, v. 18, n. 2, p. 297–313, 2006.
- MOREANO, M.; HOPFGARTNER, K.; SANTILLANA, A. La política económica de la reforma a la gobernanza del agua y las implicaciones para la desigualdad territorial. El caso de Ecuador. **Serie Documento de Trabajo N°201. Grupo Desarrollo con Cohesión Territorial, Programa Cohesión Territorial para el Desarrollo**, v. 201, p. 65, 2016.
- MORENO-JIMÉNEZ, B.; BLANCO-DONOSO, L.; AGUIRRE- CAMACHO, A.; MARTA HERRERO, S. Habilidades sociales para las nuevas organizaciones. **Psychology, Behavioral**, v. 22, n. 3, p. 585–604, 2014.

- MUSSETTA, P. Participación y gobernanza. El modelo de gobierno del agua en México. **Espacios Públicos**, v. 12, n. 25, p. 66–84, 2009.
- OJHA, H. R.; FORD, R.; KEENAN, R. J.; RACE, D.; CARIAS VEGA, D.; BARAL, H.; SAPKOTA, P. Delocalizing communities: changing forms of community engagement in natural resources governance. **World Development**, v. 87, p. 274–290, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.06.017>>. Acesso em: 21 jul. 2017.
- OLVERA, D.; OJEDA, W.; BAHENA, G.; ALPUCHE, O. Participación y apropiación de la modernización y tecnificación del riego en Chihuahua México. **Ingeniería hidráulica y ambiental**, v. 35, n. 1, p. 47–61, 2014.
- ORTIZ, P. El Laberinto de la autonomía indígena en el Ecuador: las circunscripciones territoriales indígenas en la Amazonía Central, 2010–2012. **Latin American and Caribbean Ethnic Studies**, v. 10, n. 1, p. 60–86, 2014.
- OSTROM, E.; GARDNER, R. Coping with asymmetries in the commons: self-governing irrigation systems can work. **Journal of Economic Perspectives**, v. 7, n. 4, p. 93–112, 1993.
- PALERM, J. Distritos de riego en México, algunos mitos. **Boletín del Archivo Histórico del Agua**, p. 49–69, 2008.
- PALOMINO-SCHALSCHA, M.; LEAMAN-CONSTANZO, C.; BOND, S. Contested water, contested development: unpacking the hydro-social cycle of the Ñuble River, Chile. **Third World Quarterly**, v. 37, n. 5, p. 883–901, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/01436597.2015.1109436>>. Acesso em: 9 ago. 2017.
- PERALES, V. La cuenca social como aproximación sociológica a las intervenciones en cuencas hidrográficas. **Temas sociales**, v. 39, p. 221–240, 2016.
- PEREIRA, L. S.; CORDERY, I.; IACOVIDES, I. Improved indicators of water use performance and productivity for sustainable water conservation and saving. **Agricultural Water Management**, v. 108, p. 39–51, 2012.
- PILATAXI, C. **Sumak kawsay, organización comunita y emprendimiento productivo**. 1ra. ed. Quito: Salesiana, Universidad Politécnica, 2014.
- PLAYAN, E. Eficiencia en el aprovechamiento de agua por regadío. **Geórgica**, v. 3, p. 99–128, 1994.

- PLAYÁN, E.; MATEOS, L. Modernization and optimization of irrigation systems to increase water productivity. **Agricultural Water Management**, v. 80, n. 1–3 SPEC. ISS., p. 100–116, 2006.
- POATS, S. **Documento conceptual y contextual “Derechos de agua y gestión ciudadana”** Proyecto Visión social del agua en los Andes, , 2007. .
- POMBOZA, P.; NAVARRO, H.; OLVERA, A.; FLORES, D. Prácticas organizativas mixtecas asociadas con la seguridad alimentaria y su patrimonio. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, v. 18, p. 3699–3712, 2017.
- RAHAMAN, M.; VARIS, O. Integrated water resources management: evolution, prospects and future challenges. **Sustainability: Science, Practice and Policy**, v. 1, n. 1, p. 15–21, 2005.
- RALF, B.; JANOS, J.; DIETRICH, B. Integrated water resources management: concept, research and implementation. In: BORCHARDT, D.; BOGARDI, J. J.; IBISCH, R. B. (Ed.). **Integrated water resources management**. Bonn: Springer International Publishing, 2016. p. 3.
- RAMIREZ, M. Formas colectivas de la producción agrícola ecuatoriana caso específico: Las mingas. In: JOSÉ, E. (Ed.). **Sarance**. Otavalo: Instituto otavaleño de antropología, 1980. p. 85–111.
- RAMOS, A. **La organización de regantes del sistema de riego El Pisque, un aliado en el desarrollo local**. 2016. 195 f. Tesis (Maestría en Desarrollo Local y Territorial) - Departamento de Desarrollo, Ambiente y Territorio, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, 2016.
- REQUELME, N.; BONIFAZ, N. Caracterización de sistemas de producción lechera de Ecuador. **La Granja**, v. 16, n. 2, p. 23–47, 2012.
- REQUELME, N.; GALLEGOS, A. A.; HERRÁN, J.; CACHIPUENDO, C. Prácticas tecnológicas y productividad en fincas lecheras de agricultura familiar en el norte de Ecuador. In: 21th International congress on project management and engineering, Cadiz. **Anais...** Cadiz: 2017.
- RIBEIRO, A. Desenvolvimento sustentável: uma perspectiva econômico- ecológica. **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, p. 65–92, 2012.

- RICHTER, C. H.; CUSTER, B.; STEELE, J. A.; WILCOX, B. A.; XU, J. Intensified food production and correlated risks to human health in the Greater Mekong Subregion: a systematic review. **Environmental Health**, v. 14, n. 1, p. 43, 2015. Disponível em: <<http://www.ehjournal.net/content/14/1/43>>. Acesso em: 11 jun. 2017.
- RIST, S.; CHIDAMBARANATHAN, M.; ESCOBAR, C.; WIESMANN, U.; ZIMMERMANN, A. Moving from sustainable management to sustainable governance of natural resources: the role of social learning processes in rural India, Bolivia and Mali. **Journal of Rural Studies**, v. 23, n. 1, p. 23–37, 2007.
- RODRÍGUEZ-HAROS, B.; ROSAS-VARGAS, R.; RUÍZ-RUEDA, H. Las juntas de aguas: búsqueda de un modelo de administración y operación de sistemas de riego. **Ra Ximhai**, v. 6, n. 2, p. 295–301, 2010.
- ROZENTAL, M. ¿ Qué palabra camina la Mínga ? **Revista Deslinde**, v. 45, 2009.
- RUF, T.; NUÑEZ, P. Enfoque histórico del riego tradicional en los Andes ecuatorianos. **Memoria**, v. 2, p. 1885–282, 1991.
- SABOURIN, E.; SAMPER, M.; SOTOMAYOR, O. **Políticas públicas y agriculturas familiares en América Latina y el Caribe : balance , desafíos y perspectivas**. Chile: CEPAL Colección documentos del proyecto, 2014.
- SAMBONI, N.; CARVAJAL, Y.; ESCOBAR, J. Revisión de parámetros físico-químicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. **Ingeniería e Investigación**, v. 27, n. 3, p. 172–181, 2007.
- SAMIAN, M.; MAHDEI, K. N.; SAADI, H.; MOVAHEDI, R. Identifying factors affecting optimal management of agricultural water. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 14, n. 1, p. 11–18, 2014.
- SÁNCHEZ-ROMÁN, R.; FOLEGATTI, M.; ORELLANA-GONZÁLEZ, A. Situação dos recursos hídricos nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí utilizando modelo desenvolvido em dinâmica de sistemas. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 4, p. 578–590, 2009.
- SANCHIS-IBOR, C.; BOELEN, R.; GARCÍA-MOLLÁ, M. Collective irrigation reloaded. Re-collection and re-moralization of water management after privatization in Spain. **Geoforum**, v. 87, n. October, p. 38–47, 2017.

- SANDOVAL-MORENO, A.; GÜNTHER, M. G. La gestión comunitaria del agua en México y Ecuador: otros acercamientos a la sustentabilidad. **Ra Ximhai**, v. 9, p. 165–179, 2013.
- SCHAFFERNICHT, M. **Indagación de situaciones complejas mediante la dinámica de sistemas**. Talca: Universidad de Talca, 2008.
- SCHÜTZ, L. Survey of agricultural practices and alternatives to pesticide use to conserve water resources in the Mojanda watershed , Ecuador. **Food, Agriculture and Society**, v. 2, n. 1, p. 76–92, 2014.
- SEN, A. El Desarrollo como libertad. **Gaceta Ecológica**, v. 55, p. 14–20, 2000.
- SENGER, P. **La quinta disciplina en la práctica: estrategias abiertas al aprendizaje**. 2 da ed. Buenos Aires: Granica S.A., 2006.
- SENPLADES. **Los nuevos retos de América Latina. Socialismo y Sumak Kawsay**. 1ª ed ed. Quito: Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2010.
- SERRANO, D.; GALÁRRAGA, R. El páramo andino: características territoriales y estado ambiental. Aportes interdisciplinarios para su conocimiento. **Estudios Geográficos**, v. 76, n. 278, p. 369–393, 2015.
- SHI, T.; GILL, R. Developing effective policies for the sustainable development of ecological agriculture in China: the case study of Jinshan County with a systems dynamics model. **Ecological Economics**, v. 53, n. October 2004, p. 223–246, 2005.
- SILVA, E.; FREIRE, O.; SILVA, F. Indicadores de sustentabilidade como instrumentos de gestão: uma análise da GRI, ETHOS e ISE. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade – GeAS**, v. 3, n. 1, p. 130–148, 2014.
- SIMONOVIC, S. P. World water dynamics: global modeling of water resources. **Journal of Environmental Management**, v. 66, n. 3, p. 249–267, 2002. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301479702905852>>. Acesso em: 24 maio. 2014.
- SIVAPALAN, M.; SAVENIJE, H. H. G.; BLÖSCHL, G. Socio-hydrology: a new science of people and water. **Hydrological Processes**, v. 26, n. 8, p. 1270–1276, 2012.
- SOARES DA SILVA, S.; REIS, R.; AMÂNCIO, R. Conceitos atribuídos à sustentabilidade em organizações de diferentes setores. **Revista de Ciências da Administração**, v. 16, n. 40, p. 90–104, 2014.

- STEFFEN, W.; CRUTZEN, P. J.; MCNEILL, J. R. The anthropocene: are humans now overwhelming the great forces of nature. **AMBIO: A Journal of the Human Environment**, v. 36, n. 8, p. 614–621, 2007.
- STERMAN, J. D. **Business dynamics systems thinking and modeling for a complex world**. Boston: Jeffrey J. Shelsfud, 2000. v. 6
- SUŠNIK, J.; VAMVAKERIDOU-LYROUDIA, L. S.; SAVIĆ, D. a.; KAPELAN, Z. Integrated system dynamics modelling for water scarcity assessment: case study of the Kairouan region. **Science of The Total Environment**, v. 440, p. 290–306, 2012. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969712008005>>. Acesso em: 12 mar. 2017.
- TARJUELO, J. M.; RODRIGUEZ-DIAZ, J. A.; ABADÍA, R.; CAMACHO, E.; ROCAMORA, C.; MORENO, M. A. Efficient water and energy use in irrigation modernization: lessons from Spanish case studies. **Agricultural Water Management**, v. 162, p. 67–77, 2015.
- TEHRANI, M. V.; MONEM, M. J.; BAGHERI, A. Dynamic modeling for rehabilitation of irrigation networks case study: Qazvin irrigation network. In: ICID 21st International Congress on Irrigation and Drainage, Tehran. **Anais...** Tehran: 2011.
- TURNER, B.; TIDWELL, V.; FERNALD, A.; RIVERA, J.; RODRIGUEZ, S.; GULDAN, S.; OCHOA, C.; HURD, B.; BOYKIN, K.; CIBILS, A. Modeling acequia irrigation systems using system dynamics: model development, evaluation, and sensitivity analyses to investigate effects of socio-economic and biophysical feedbacks. **Sustainability**, v. 8, n. 10, p. 1019, 2016. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2071-1050/8/10/1019>>. Acesso em: 23 ja. 2017
- URRUTIA, R.; VUILLE, M. Climate change projections for the tropical Andes using a regional climate model: temperature and precipitation simulations for the end of the 21st century. **Journal of Geophysical Research Atmospheres**, v. 114, n. 2, p. 1–15, 2009.
- VAN HALSEMA, G. E.; VINCENT, L. Efficiency and productivity terms for water management: a matter of contextual relativism versus general absolutism. **Agricultural Water Management**, v. 108, p. 9–15, 2012.
- VANHULST, J.; BELING, A. Buen vivir: la irrupción de América Latina en el campo gravitacional del desarrollo sostenible. **Revista Iberoamericana de Economía Ecológica**, v. 21, p. 1–14, 2013a.

- VANHULST, J.; BELING, A. E. El Buen vivir: una utopía latinoamericana en el campo discursivo global de la sustentabilidad. **Polis, Revista Latinoamericana**, v. 12, n. 36, p. 497–522, 2013b.
- VEMAZA, E. **La huella hídrica y el agua virtual de las rosas como el uso, consumo y aprovechamiento del agua tiene impacto dentro de la cadena de suministro de la industria florícola**. 2014. 116 f. Tesis de grado (Ingeniería Industrial)-Colegio de Ciencias, Universidad Sana Francisco de Quito, 2014.
- VILLACÍS, B.; CARRILLO, D. **Estadística demográfica en el Ecuador: diagnóstico y propuestas**. Quito: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), 2011.
- VOINOV, A.; KOLAGANI, N.; MCCALL, M. K.; GLYNN, P. D.; KRAGT, M. E.; OSTERMANN, F. O.; PIERCE, S. A.; RAMU, P. Modelling with stakeholders - next generation. **Environmental Modelling and Software**, v. 77, p. 196–220, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.11.016>>. Acesso em: 21 set. 2017.
- WHITE, M. A. Sustainability: i know it when i see it. **Ecological Economics**, v. 86, p. 213–217, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.12.020>>. Acesso 10 out. 2016.
- XIONG, Y.; LI, J.; JIANG, D. Optimization research on supply and demand system for water resources in the Chang-Zhu-Tan urban agglomeration. **Journal of Geographical Sciences**, v. 25, n. 11, p. 1357–1376, 2015.
- XU, Z. X.; TAKEUCHI, K.; ISHIDAIRA, H.; ZHANG, X. W. Sustainability analysis for Yellow River water resources using the system dynamics approach. **Water Resources Management**, v. 16, p. 239–261, 2002.
- YACUB, C.; BOELEN, R.; DUARTE, B. Empresas extractivas en Latinoamérica. In: YACUB, C.; DUARTE, B.; BOELEN, R. (Ed.). **Agua y ecología política. El extractivismo en la agroexportación, la minería y las hidroeléctricas en Latinoamérica**. Quito: Abya-Yala, 2015. p. 117–124.
- YURONG, O.; JUANJUAN, D. A. I.; YANG, L. U. O.; QINGSHENG, L. I. Study on the system dynamic model of sustainable development of the island: a case study on Pingtan. **Journal of Chemical and Pharmaceutical Research**, v. 5, n. 11, p. 205–211, 2013.

ZAPATA, N.; PLAYÁN, E.; MARTÍNEZ-COB, A.; SÁNCHEZ, I.; FACI, J. M.; LECINA, S.
From on-farm solid-set sprinkler irrigation design to collective irrigation network design in windy areas. **Agricultural Water Management**, v. 87, n. 2, p. 187–199, 2007.